Untersuchung

des

Wachstumsganges und der Holzbeschaffenheit eines 110jährigen Kiefernbestandes.

Inaugural-Dissertation

der

hohen staatswirthschaftlichen Fakultät der Universität München

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Ernst Omeis

k. bayer. Forstpraktikant.

M. Rieger'sche

Universitäts- Buchhandlung

Gustav Himmer k. b. Hoflieferant.

München 1895.

Untersuchung

des

Wachstumsganges und der Holzbeschaffenheit eines 110jährigen Kiefernbestandes.

Inaugural-Dissertation

der

hohen staatswirthschaftlichen Fakultät der Universität München

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Ernst Omeis
k. bayer. Forstpraktikant.

W. Rieger'sche
Universitäts- Buchhandlung
Gustav Himmer k. b. Hoflieferant.
München 1895.

Separat-Abdruck
aus der
Forstlich-naturwissenschaftlichen Zeitschrift 1895.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 1

I. Wachstumsgang des untersuchten Bestandes.

1) Beschreibung des Bestandes und der Probeflächenaufnahme 2
2) Höhenzuwachs 5
3) Flächen- und Massenzuwachs 7
4) Anteil der Rinde an der Gesammtproduktion 10

II. Von der Qualität des Kiefernholzes.

1) Untersuchungs-Material und -Methode 11
2) Das specifische Trockengewicht 16
3) Die Substanzmenge 17
4) Die Verteilung des Wassers und der Luft 17
5) Das Schwinden des Holzes 20
6) Verschiedenheiten im anatomischen Baue (Mit 3 Fig. im Texte). 22

III. Wurzeluntersuchungen 31

IV. Schematische Darstellung der Klassenstämme auf der beigegebenen Tafel.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546008_0158

Einleitung.

Die exacten Untersuchungen der letzten Jahrzehnte haben gezeigt, daß einerseits die bisherigen Anschauungen über die Abhängigkeit der Holzgüte von der Ringbreite der betreffenden Holzstücke größtenteils unrichtig sind, daß andererseits durch eine wissenschaftliche Untersuchung der Verhältnisse, welche auf die Holzbeschaffenheit von Einfluß sind, nicht nur für die Kenntnis der Anatomie und Physiologie der Pflanzen wertvolle Beiträge sich ergeben, sondern auch für die forstliche Wissenschaft und Praxis bedeutungsvolle Gesichtspunkte gewonnen werden.

Diese Ueberzeugung veranlaßte mich, den Versuch zu wagen, auch meinerseits eine kleinen Beitrag zur Lösung einer der vielen noch unbeantworteten Fragen auf diesem wissenschaftlichen Gebiete zu liefern.*)

Herr Professor Dr. Hartig bezeichnete es als sehr wünschenswert zu erfahren, wie sich die Holzbeschaffenheit der verschieden starken Stammklassen eines älteren Kiefernbestandes unter einander verhalte, und da sich mir die Gelegenheit bot in der Nähe von München einen älteren noch ziemlich gut geschlossenen Kiefernbestand zu untersuchen, so stellte ich mir die Aufgabe diesen Bestand einer eingehenden Untersuchung zu unterziehen.

Blicken wir zunächst auf die älteren Arbeiten hin, die sich mit der Beschaffenheit des Holzes befaßten, so sehen wir, daß schon im vorigen Jahrhundert von verschiedenen Forschern Untersuchungen über die technischen Eigenschaften des Holzes angestellt wurden wie von Buffon, Duhamel du Monceau, Dupin, Savant ꝛc. ꝛc. Mitte dieses Jahrhunderts erschienen die Arbeiten von Chevandier und Wertheim,*) sowie die von Nördlinger**); ferner haben Gayer***) und Baur†) über den gleichen Gegenstand in neuerer Zeit Untersuchungen veröffentlicht.

---

*) Anm. Die vorliegende Arbeit wurde unter Leitung von Herrn Professor Dr. Hartig im botanischen Laboratorium der k. Forstlichen Versuchs-Anstalt in München ausgeführt.

*) Chev. & Werth. Memoire sur les propriétés mécaniques du bois. Paris 1848.

**) Nördlinger, „Die technischen Eigenschaften der Hölzer." Stuttgart 1860.

***) Gayer, „Forstbenutzung." Berlin 1888.

†) Baur, „Untersuchungen über Festgehalt u. Gewicht ꝛc." 1879.
do. „Ueber Gewicht u. Volumen ꝛc. des Holzes." Forstw. Centralblatt 1892.

Bei manchen dieser Arbeiten wurde nur wenig Rücksicht auf die Abstammung des untersuchten Holzes genommen, ferner wurden die äußeren Verhältnisse, welche auf die Bäume einwirkten, wenig oder gar nicht in Betracht gezogen. Baumalter und Baumhöhe ꝛc. wurden wohl angegeben, ohne jedoch den Einfluß der inneren Faktoren auf die Holzbeschaffenheit zu erklären. Dazu kam noch, daß man meist nicht vergleichbare Stücke miteinander verglich und insbesondere zur Bestimmung der Substanzmenge nicht das absolute Trockengewicht, sondern das Lufttrockengewicht ermittelte.

Für gewisse praktische Zwecke kann das Lufttrockengewicht, das ja nach Oertlichkeit und Jahreszeit schwankt, eine Bedeutung für sich beanspruchen, für wissenschaftliche Untersuchungen ist es nötig, das absolute Trockengewicht zu bestimmen.

R. Hartig*) hat nur in seiner ersten Arbeit auf diesem Gebiete vor 20 Jahren sich auf Bestimmung des Lufttrockengewichtes beschränkt.

Die neuen Arbeiten dieses Forschers über die Holzverschiedenheiten zerfallen stets in zwei Teile, nämlich in die Untersuchung einer Probefläche und des Wachstumsganges der Klassenstämme, sowie in die Untersuchung der hiebei gewonnenen Holzstücke. Aus den Eigentümlichkeiten im Wachsthumsgange und in der Zuwachsform des Baumes erklären sich zum Teil die Veränderungen in der Beschaffenheit des Holzes von selbst, so daß die Analysierung der Klassenstämme der Holzuntersuchung vorausgehen muß, jedoch ist es die Aufgabe der genauen anatomischen Untersuchung, die Verschiedenheiten, die sich im Gewichte des Holzes ergeben, wissenschaftlich zu erklären.

Auch die vorliegende Arbeit zerfällt in die beiden obenangeführten Teile.

Zum Schlusse drängt es mich, meinem sehr verehrten Lehrer Herrn Professor Dr. R. Hartig für die mir bei der Bearbeitung des Untersuchungsmateriales gewährte Unterstützung meinen ganz ergebensten Dank auszusprechen, sowie Herrn Forstrat Koch zu München, welcher in liebenswürdigster Weise mir das nötige Untersuchungsmaterial zur Verfügung stellte, bestens zu danken.

I. Wachstumsgang des untersuchten Bestandes.

1. Beschreibung des Bestandes und der Probeflächenaufnahme.

Die Aufnahme der Probefläche von 0,361 ha erfolgte im Distrikt III. 4a „Oberer Schönleitner Einfang" des kgl. Forstamtes München N. Der Bestand grenzt gegen W. an Felder, an den übrigen Seiten schließen sich jüngere Nadelholzbestände an. Der Bestand ist zwar noch ziemlich gut geschlossen, aber doch wie alle älteren haubaren Kiefernbestände so viel Licht durchlassend, daß der Boden mit einem dichten Grasfilz überzogen ist und sich durch die

*) R. Hartig, „Das spez. Trockengewicht ꝛc. des Kiefernholzes" Zeitschr. für Forst- u. Jagdwesen 1874.

starke Einwirkung der Atmosphärilien nur wenig Nadelstreu vorfindet. Da im fraglichen Bestande nie Streunutzung und auch nur in Notjahren — wie 1893 — Grasnutzung erfolgte, so ist der Boden sehr humusreich. Der Boden selbst ist Lößboden.

Gelegentlich meiner Wurzeluntersuchungen habe ich auch Bodeneinschläge gemacht, welche für die Bodenkrume eine Tiefgründigkeit von 80 cm ergaben; dabei ist erstere durch den beigemengten mehr oder weniger groben Kalkkies sehr locker und von geringer Wasserkapazität. Der Untergrund besteht aus reinem Kies. Die Folge hievon ist, daß trotz des sonst so ersichtlich guten Bodens die Qualität desselben durch den Mangel an Frische bedeutend herabsinkt. Bei einigermaßen trockener Witterung trocknet der Boden rasch aus, wodurch der Zuwachs der Bäume nicht unerheblich vermindert wird.

Die abgesteckte normale Probefläche wurde mittelst Kluppieren aufgenommen und die Stämme nach den Stammgrundflächen in 5 Klassen geteilt.

In Tabelle I sind diese Stammgrundflächen in Spalte 5 in qm eingetragen. Für jede Klasse wurde 1 Probestamm gefällt, dessen Kreisfläche und Durchmesser man durch Division der Zahl der Klassenstämme (2) in die Stammgrundfläche (5) erhält. Da jedoch ein Stamm von mittlerem Durchmesser nicht immer zu finden ist, so wird mit der Grundfläche des gefällten Klassenstammes in die Stammgrundfläche dividiert und man erhält hiedurch die berechnete Stammzahl. (3). Diese mit dem Inhalt des Klassenstammes multipliziert, gibt den Holzgehalt der Klasse (20—23) und deren Summe die Masse des ganzen Bestandes pro ha. Rubrik 4 enthält noch den wirklichen Durchmesser jedes Probestammes. — Erst nachträglich stellte sich heraus, daß der erste Klassenstamm sehr abholzig war, was aber für den Hauptzweck der vorliegenden Arbeit d. h. für die Untersuchung der Holzqualität ohne ersichtlichen Einfluß sein dürfte.

Die Aufnahme der gefällten Klassenstämme erfolgte sektionsweise und zwar wurden Sektionen von 3.20 m Länge gebildet. — Die gefundene Holzmasse stellt die ganze oberirdische Holzmasse mit Einschluß des Stockholzes dar. Um jedoch meine Resultate mit bereits vorhandenen vergleichen zu können, habe ich für Tabelle I den Stamminhalt ohne Wurzelstock berechnet; bei den übrigen Tabellen ist der Stock stets mit inbegriffen.

Die gefällten Klassenstämme wurden ausgeastet und das Knüppel- und Reisigholz genau durch Messung resp. Wägung aufgenommen.

In Spalte 6 finden sich die Höhen der Probestämme vorgetragen. In Rubrik 8 habe ich auch den Durchmesser ohne Rinde angegeben, hieraus wurde das Rindenprozent ermittelt (12). Dasselbe beträgt für den ganzen Bestand 10.4%.

Aus der Mitte jeder Sektion wurde eine Scheibe von 2 ctm. Dicke genommen und aus dieser wurde das Splintprozent (13) dadurch erhalten, daß ich den Durchmesser des Kernes immer an je 4 Stellen genau gemessen und

Tabelle I.

Stammklasse	Stammzahl wirkliche	Stammzahl berechnete	Durchmesser	Stammgrundfläche	Der Klassenstämme: Höhe	Durchmess. bei 1.3 m mit Rinde	Durchmess. bei 1.3 m ohne Rinde	Schaftholz mit Rinde	Schaftholz ohne Rinde	Ganze Holzmasse incl. Äst u. Reisig	Rindenprocent	Splintprocent	Schaftformzahl	Baumformzahl	Substanzmenge pro cbm	Spezifisches Frischgewicht	Specif. Trockengewicht	Substanzmenge pro Stamm ohne Rinde	des ganzen Bestandes. Schaftholzgehalt mit Rinde	Schaftholzgehalt ohne Rinde	Derbholzmasse	Derb- und Reis-Holz	Trockensubstanz ohne Rinde
	pro Hektar		cm	qm	m	cm		cbm		cbm					kgr.			klgr.	cbm.		cbm.		klgr.
1	2	3	4	5	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
I	83	84.9	52—38	10.95	23.3	40.5	35.9	1.235	1.080	1.345	12.5	59.1	0.42	0.45	436	813	481	470.9	104.9	91.7	108.5	114.2	39979
II	116	110.7	38—34	11.72	24.4	36.6	33.4	1.226	1.129	1.322	7.9	43.7	0.48	0.52	434	760	493	490.0	135.7	125.0	141.3	146.3	54243
III	116	121.4	34—31	9.71	23.4	31.9	27.5	0.802	0.689	0.880	14.1	39.7	0.43	0.47	390	682	477	268.7	97.4	83.6	103.4	106.8	32620
IV	125	113.5	31—28	8.40	22.1	30.6	27.8	0.759	0.683	0.817	10.0	59.3	0.46	0.50	413	816	475	282.1	86.1	77.5	88.4	92.7	23018
V	169	177.3	27—18	7.80	22.0	23.6	21.3	0.451	0.411	0.479	19.0	48.4	0.47	0.49	407	740	452	167.3	80.0	72.9	78.7	84.9	29662
Ganz. Bestand	609	.	.	48.58	23.0	31.9	.	0.826	0.740	0.895	10.4	50.0	0.45	0.486	416	762	478	.	504.1	450.7	520.3	544.9	

hieraus die Kreisfläche desselben berechnet habe. Der Inhalt des Kernes und Splintes für den ganzen Stamm war leicht daraus zu ermitteltn. Bei den einzelnen Stämmen zeigen sich in den Splintprozenten große Verschiedenheiten. Stamm I und IV haben das größte, Stamm II und V das mittlere und Stamm III das kleinste Splintprozent. Schwappach*) gibt in seiner Schrift „Ueber die Qualität des Kiefernholzes" als Durchschnittswert für Splintholz 63% an und zwar für einen 110jährigen Bestand I. Bonität. Ich habe als Mittel für sämmtliche Klassenstämme ein Splintprozent von 47,1 gefunden. Diese Verschiedenheit erklärt sich dadurch, daß auf geringerem Standorte die dem Splinte angehörenden Jahrringe der letzten Zuwachsperioden nur einen geringeren Anteil am ganzen Holze ausmachen als auf gutem Boden, wo der Zuwachs in höherem Lebensalter noch ein bedeutender ist.

In Rubrik 14 und 15 habe ich sowohl die Schaft- als auch die Baum-Formzahlen berechnet. Die Angaben in Spalte 16, 17, 18 und 24 beziehen sich lediglich auf das Schaftholz. Spalte 20—23 enthalten die Massen für den ganzen Bestand pro ha.

2. Höhenzuwachs.

Die Betrachtung der Höhenzuwachsganges der 5 Klassenstämme dürfte nicht uninteressant sein. Nachstehende Tabelle II gibt die Höhen sowohl von 10 zu 10 Jahren als auch den jährlichen Höhenzuwachs der Perioden an. Zum Verständnisse dieser Zahlen sei vorangeschickt, daß die einzelnen Bäume nicht vollkommen gleichalterig waren, daß vielmehr

Stamm	I	104	Jahrringe
„	II	107	„
„	III	105	„
„	IV	103	„
„	V	105	„

auf dem Stocke zählten. Die auffallende Ungleichheit der Höhen in den ersten Jahrzehnten sind somit zum Teil aus den Altersdifferenzen der Einzelstämme zu erklären. Die Höhen wurden teils durch direkte Messungen am Stamme, teils durch Interpolation aus der schematischen Darstellung der Klassenstämme gefunden.

Wie aus nachstehender Tabelle (siehe S. 6) ersichtlich, war Stamm V bis zum 40. Jahre am höchsten, während er im höheren Alter im Wuchse zurückblieb. Der Kulminationspunkt des jährlichen Höhenzuwachses liegt bei den Stämmen I, II, IV und V im 20.—30. Jahre, bei Stamm III im 30.—40.

Die großen Höhenunterschiede in Tabelle II beim 20. Jahre veranlaßten mich noch weitere Höhenuntersuchungen in einem jüngeren Kiefernbestande auf

*) Schwappach. „Qualität des Kiefernholzes". Zeitschr. für Forst- u. Jagdwesen 1892, pag. 87.

Tabelle II.

Höhenzuwachs der Klassenstämme.

Alter	Höhen in m.					Im Mittel	Jährl. Höhenzuwachs in cm					Im Mittel
	I.	II.	III.	IV.	V.		I	II	III	IV	V	
20	2.9	6.3	4.9	2.6	8.0	4.9	.	.	.	.	.	.
30	7.0	10.5	9.3	7.7	11.7	9.3	41	42	44	51	37	43
40	10.5	14.3	13.9	12.3	14.6	13.1	35	38	46	46	29	39
50	14.1	16.4	15.6	14.5	16.0	15.3	36	21	17	22	14	22
60	15.9	18.6	17.1	15.9	17.7	17.0	18	22	15	14	17	17
70	17.8	20.5	18.6	17.5	18.3	18.5	19	19	15	16	6	15
80	20.2	21.7	20.1	18.6	19.4	20.0	24	12	15	11	11	15
90	21.3	22.9	21.4	20.0	20.4	21.2	11	12	13	14	10	12
100	22.3	24.0	22.3	21.1	21.1	22.2	10	11	9	11	7	10
110	23.3	24.4	23.4	22.1	22.0	23.0	10	4	11	10	9	9

Tabelle III.

Jährlicher Flächenzuwachs der letzten 20 Jahre in qcm.

Höhe m	I	II	III	IV	V	Durchschnittliche Ringbreite in mm				
						I	II	III	IV	V
1.3	12.5	9.5	1.5	3.5	2.5	2.35	1.90	0.40	0.70	0.60
4.5	6.5	7.0	1.5	2.5	1.5	1.40	1.60	0.40	0.70	0.45
7.7	7.0	7.0	1.0	2.5	1.0	1.80	1.60	0.35	0.70	0.45
10.9	6.5	6.5	1.0	2.5	1.5	1.65	1.65	0.35	0.75	0.65
14.1	6.5	5.5	1.0	3.0	2.0	2.15	1.65	0.45	1.20	0.85
17.3	5.0	6.5	1.5	3.5	1.5	2.45	2.45	1.00	1.55	1.25
20.5	2.0	3.5	2.5	1.1	0.8	.	2.45	.	.	.
23.7	.	0.6		.	.	.	.	.	.	.

gleichem Standorte anzustellen. Da sich ein 20jähriger Bestand in fraglichem Bezirke nicht vorfand, habe ich in einem 28—30jährigen Kiefernbestande, in Distr. III 3b Oberes Schweizerholz mit dem Höhenmesser von Klausner, welcher bekanntlich genaue Resultate liefert, 20 im ganzen Bestande zerstreute Stämme aufgenommen. Dieselben zeigten eine Maximalhöhe von 12.75 m. Nach Okularschätzung konnte als Minimalhöhe für dominierende Stämme im genannten Bestande 4—5 m. angenommen werden. Daß Bäume, die in der Jugend zu den höchsten Stämmen gehören, im Laufe der weiteren Entwicklung zurückbleiben und von anderen Stämmen überholt werden, dürfte zumal in Beständen, die vom Jugend auf nicht ganz gleichmäßig bestockt waren, oft genug vorkommen.

3. Flächen- und Massenzuwachs.

Die Berechnung des Flächen- und Massenzuwachses der einzelnen Klassenstämme ergab die in Tab. III zusammengestellte Resultate.

R. Hartig*) hat bereits 1870 für die Wuchsform der Waldbäume folgende Gesetze aufgestellt:

„Bezüglich der Zuwachsgröße sind an jedem Baume 3 Teile zu unterscheiden, nämlich die grünbeastete Krone, der astlose Schaft und der unterste Stammteil, welcher in der Jugend nur den Wurzelanlauf, im höheren Alter dagegen einen Stammteil vom Boden bis zu 3 m. und mehr einnimmt. In der beasteten Krone, sowie im astfreien Schaft nimmt der Flächen- und Massenzuwachs von oben nach unten zu, wenn der Baum eine voll entwickelte Krone hat; er bleibt sich auf große Strecken des Schaftes gleich, wenn die Krone seitlich eingeengt ist."

Diese Gesetze finden auch bei vorliegenden Untersuchungen ihre volle Bestätigung, indem auf Brusthöhe ein auffallend großer Zuwachs sich zu erkennen giebt, in der Krone eine schnelle Abnahme nach oben stattfindet, mit Ausnahme von III, welcher Stamm überhaupt in den letzten 20 Jahren vielleicht in Folge von Kronenbeengung einen abnorm kleinen Zuwachs im Schafte zeigt. Der vollkronige Stamm II hat einen nach unten zunehmenden Zuwachs, während die übrigen Stämme, welche in den Kronen in größerem oder geringerem Maße eingeengt waren, im Schafte vom 4.5 m. aufwärts einen annähernd gleichen Flächenzuwachs besitzen.

Deutlich tritt das Gesetz durch die schematische Darstellung der Klassenstämme vor Augen.

Bei Stamm I, II und V zeigt sich in einer Höhe von 1.3 m. wie bei fast allen Holzarten eine bedeutende Steigerung des Zuwachses. Dies sucht

*) R. Hartig „Ueber das Dickenwachstum der Waldbäume". Zeitschr. für Forst- u. Jagdwesen 1870 pag. 66—104.

R. Hartig*) dadurch zu erklären, daß er annimmt, daß im Wurzelanlaufe eine intensivere Nährstoffverwendung der aufsteigenden anorganischen Stoffe stattfindet, und daß gerade am unteren Stammende die mechanische Aufgabe des Baumes die schwierigste sei. Emil Mer**) führt diese Zuwachssteigerung auf die von ihm angenommene längere Dauer der kambialen Thätigkeit im unteren Stammteile zurück.

Die Ermittelung des Massengehaltes der Klassenstämme erfolgte sowohl mit als auch ohne Rinde. In folgender Tabelle IV (siehe S. 9) sind die Resultate übersichtlich zusammengestellt. Die angegebenen Zahlen beziehen sich alle auf das Schaftholz mit Stock. — Spalte 2 gibt die Durchmesser der Stämme im verschiedenen Alter an; Spalte 3 deren zugehörige Höhe gefunden durch direkte Messung oder Interpolation. Aus der Schaftholzmasse (4) der Probestämme von 10 zu 10 Jahren wurde der periodische Jahreszuwachs berechnet bezogen auf die Mitte jeder Periode. Rubrik 6 u. 7 enthält das Zuwachsprozent und die Schaftformzahl im verschiedenen Alter; letztere wurde erst vom 30. Jahre ab berechnet, da dieselbe wegen der geringen Höhe der Stämme im jüngeren Alter bei der gewählten Sektionslänge nicht mit Genauigkeit zu berechnen ist.

Der periodische Jahreszuwachs steigt bei Stamm I und II bis zum 90. resp. 100. Jahre, bei Stamm III kulminiert er im 60—70. Jahre, während er bei Stamm IV und V schon mit dem 50. Jahre kulminiert. Das Sinken des Zuwachses bei Stamm I im 70.— 80. Jahre und bei Stamm II im 80. bis 90. Jahre ist nicht zu erklären.

Das Zuwachsprozent der Klassenstämme fällt bei den schwächeren Stämmen rascher als bei den beiden stärkeren. Bei Stamm III ist das Zuwachsprozent schon mit dem 90. Jahre unter 1 gesunken. Das Gesammtzuwachsprozent ist von 1.2% auf 0.9% im letzten Dezennium herabgesunken. Vergleicht man die mittleren Zuwachsprozente der 150jährigen Kiefern auf dem lehmigen Sandboden in Pommern***) mit den von mir untersuchten, so ergibt sich aus Tabelle V (siehe S. 10), daß beider Zuwachsprozent bis zum 50. Jahre ziemlich gleich ist, von hier ab sinkt das Zuwachsprozent der Schleißheimer Kiefern rascher und ist bei 110 Jahren nur noch 0.9%, während die Kiefer auf dem besseren Boden Pommerns noch ein solches von 1.3% hat. In den ersten Dezennien hat somit die Standortsgüte weniger Einfluß auf den Massenzuwachs als im höheren Alter, indem die Wurzeln sich noch in den oberen Bodenschichten befinden und hier auch auf geringerem, ja selbst durch Streuentzug etwas vermagertem Boden noch reichliche Ernährung finden. Es zeigt

*) R. Hartig, „Das Holz der Nadelwaldbäume". Berlin 1885 pag. 36. R. Hartig „Anatomie u. Physiologie der Pflanzen". Berlin 1892 pag. 274.

**) Emil Mer, „Sur les Causes de Variation de la Densité des Bois". Paris 1892 pag. 103.

***) R. Hartig, „Wachstumsgang u. Ertrag der Kiefer". Stuttgart 1865.

Tabelle IV.

Zuwachsgang der Klassenstämme eines 110jährigen Kiefern-Bestandes.

Stamm I.

Alter	Brusthöhe Durchmesser cm	Höhe m	Schaft-Inhalt cbm	Periodischer Jahres-Zuwachs Liter	Zuwachs-Proz.	Schaft-Formzahl	
20	2.6	2.9	0.003	.	.	.	
30	12.7	7.0	0.051	4.8	17.8	56	
40	16.9	10.5	0.131	8.0	8.8	62	
50	20.9	14.1	0.237	10.6	5.8	49	
60	23.7	15.9	0.374	13.7	4.5	53	
70	26.6	17.8	0.512	13.8	3.1	51	
80	28.8	20.2	0.622	11.0	1.9	47	
90	31.2	21.3	0.817	19.5	2.7	50	
100	33.2	22.3	0.966	14.9	1.7	50	
110	35.9	23.3	1.110	14.4	1.4	47	
110	40.5	23.3	1.274	.	.	40	mit Rinde

Stamm II.

Alter	Brusthöhe Durchmesser cm	Höhe m	Schaft-Inhalt cbm	Periodischer Jahres-Zuwachs Liter	Zuwachs-Proz.	Schaft-Formzahl	
20	11.7	6.3	0.045	.	.	.	
30	14.9	10.5	0.096	5.1	7.2	53	
40	17.8	14.3	0.180	8.4	6.1	53	
50	21.1	16.4	0.310	13.0	5.3	54	
60	23.1	18.6	0.442	13.2	3.5	57	
70	25.4	20.5	0.576	13.4	2.6	55	
80	27.8	21.7	0.730	15.4	2.4	55	
90	29.6	22.9	0.861	13.1	1.6	54	
100	32.1	24.0	1.052	19.1	2.0	54	
110	33.4	24.4	1.155	10.3	0.9	54	
110	36.6	24.4	1.258	.	.	49	mit Rinde

Stamm III.

Alter	Brusthöhe Durchmesser cm	Höhe m	Schaft-Inhalt cbm	Periodischer Jahres-Zuwachs Liter	Zuwachs-Proz.	Schaft-Formzahl	
20	6.5	4.9	0.011	.	.	:	
30	12.5	9.3	0.070	5.9	14.6	64	
40	15.7	13.9	0.147	7.7	7.1	56	
50	18.8	15.6	0.256	10.9	5.4	59	
60	21.8	17.1	0.371	11.5	3.7	60	
70	24.0	18.6	0.486	11.5	2.7	57	
80	25.8	20.1	0.586	10.0	1.9	56	
90	26.7	21.4	0.643	5.7	0.9	54	
100	27.2	22.3	0.675	3.2	0.5	52	
110	27.5	23.4	0.707	3.2	0.5	51	
110	31.9	23.4	0.826	.	.	44	mit Rinde

Stamm IV.

Alter	Brusthöhe Durchmesser cm	Höhe m	Schaft-Inhalt cbm	Periodischer Jahres-Zuwachs Liter	Zuwachs-Proz.	Schaft-Formzahl	
20	2,3	2.6	0.001	.	.	.	
30	10.9	7.7	0.042	4.1	19.1	61	
40	15.9	12.3	0.134	9.2	10.5	55	
50	19.4	14.5	0.250	11.6	6.0	57	
60	22.2	15.9	0.346	9.6	3.2	56	
70	24.0	17.5	0.439	9.3	2.4	56	
80	25.3	18.6	0.512	7.3	1.5	55	
90	26.2	20.0	0.582	7.0	1.3	54	
100	27.0	21.1	0.637	5.5	0.9	53	
110	27.8	22.1	0.701	6.4	1.0	52	
110	30.6	22.1	0.781	.	.	48	mit Rinde

Stamm V.

Alter	Brusthöhe Durchmesser cm	Höhe m	Schaft-Inhalt cbm	Periodischer Jahres-Zuwachs Liter	Zuwachs-Proz.	Schaft-Formzahl	
20	8.2	8.0	0.023	.	.	.	
30	11.7	11.7	0.075	5.2	10.6	58	
40	13.8	14.6	0,122	4.7	4.8	56	
50	16.0	16.0	0.186	6.4	4.2	58	
60	17.3	17.7	0.234	4.8	2.3	55	
70	18.3	18.3	0.269	3.5	1.4	56	
80	19.3	19.4	0.314	4.5	1.5	56	
90	20.1	20.4	0.358	4.4	1.3	55	
100	20.7	21.1	0.395	3.7	1.0	55	
110	21.3	22.0	0.422	2.7	0.7	54	
110	23.6	22.0	0.464	.	.	48	mit Rinde

sich somit bei der Kiefer das umgekehrte Verhältnis wie bei der Fichte. Bei dieser ist es zweckmäßig, die Umtriebszeit auf geringerem Standorte zu erhöhen, indem nach R. Hartig*) das Zuwachsprozent des besten Fichtenstandorts im 90—100. Jahre auf 2.0% gesunken ist, während dasselbe auf schlechtem Boden noch 2.5% ist. Bei der Kiefer ist dasselbe auf dem guten Sandboden Pommerns bei 110 Jahren noch 1.3%, während es auf dem schlechten Boden bei Schleißheim nur noch 0.9% ist. Kiefernbrennholzbestände auf schlechtem Boden wären demnach in kürzeren Umtrieben zu bewirtschaften als Kiefernbestände auf gutem Boden, welche sich zur Erziehung von Nutzholz eignen.

Otto v. Hagen sagt in seinem Werke über „Die forstlichen Verhältnisse Preußens" pag. 166: „Aehnliche Grundsätze gelten in Beziehung auf die Verschiedenheit der Holzarten und Bodenklassen . . . . So trennt sich die Fluß-

Tabelle V.

Mittlere Zuwachsprozente.

Alter	Pommern	Schleißheim
30	11.6	13.9
40	7.8	7.5
50	5.6	5.3
60	4.4	3.4
70	3.4	2.4
80	2.7	1.8
90	1.9	1.6
100	1.7	1.2
110	1.3	0.9
120	1.1	.
130	0.9	.
140	0.9	.
150	0.7	.
		.

niederung mit in längerem Umtriebe zu bewirtschaftenden Eichenbeständen von dem Nadelholzbetriebe des angrenzenden Höhenbodens mit kürzerer Umtriebszeit, der kompakte Buchenhochwaldblock mit vorwiegender Verjüngung in Samenschlägen von den Nadelholzblöcken mit vorwiegender Kahlschlagwirtschaft, der beim kurzen Umtriebe hauptsächlich nur Brennholz liefernde Revierteil mit „armen Sandboden" von den Revierteilen, in denen auf den „vorherrschend besseren" Bodenklassen die Erziehung von Kiefernbauholz den Hauptzweck bildet.

4. Anteil der Rinde an der Gesammtproduktion.

Wie bereits oben angedeutet, habe ich ebenfalls Untersuchungen über den Anteil der Rinde an der Gesammtproduktion der einzelnen Klassenstämme

*) R. Hartig, „Ueber den Entwickelungsgang der Fichte". Forstl. naturw. Zeitschrift 1892 pag. 181.

durchgeführt. Genaue Angaben über Rindenprozente der Kiefer liegen nur von R. Hartig*) vor. Die Ergebnisse der von mir angestellten Untersuchungen habe ich in Tabelle VI (siehe S. 12) zusammengestellt. Bei sämmtlichen Stämmen tritt die Gesetzmäßigkeit auf, daß das Rindenprozent von unten nach oben abnimmt, in ca. der Mitte des Stammes sein Minimum erreicht und dann wieder steigt. Das Fallen der Rindenprozente von unten nach oben hängt mit dem Abschuppen der Borke im oberen Stammteile, das Steigen des Prozentsatzes in den letzten Sektionen mit dem geringeren Durchmesser i. e. kleineren Kreisfläche der höheren Stammteile zusammen. R. Hartig hat gefunden, daß bei der Buche vom 50.—60. Lebensjahre an das Verhältnis zwischen Holz- und Rindenproduktion sich ziemlich gleich bleibt, während bei der Fichte und Eiche die Rindenprozente nach oben zunehmen. Genannter Forscher ist durch seine Untersuchungen der Rindenprozente zu der Ansicht gelangt, daß bei genannten Holzarten die schwächeren Stämme im geschlossenen Bestande das höhere Rindenprozent haben. In dem von ihm untersuchten 150jährigen Kiefernbestande ergab sich, daß der erste Klassenstamm mit 4.6 cbm. Inhalt 7.1%, der zweite mit 3.9 cbm. 8.1% und der dritte mit 2.1 cbm. 10.7% Rinde hatte. Bei vorliegenden Untersuchungen hat sich eine solche Gesetzmäßigkeit nicht herausgestellt, indem der Probestamm IV und V ein geringeres Rindenprozent haben als der I., während der II. das geringste und der III. Klassenstamm das höchste Rindenprozent aufweisen.

Da möglicherweise Beziehungen zwischen der Breite der lebenden Siebhaut und dem Holzzuwachse der letzten Jahre bestehen, so wurde auch die Menge der lebenden Rinde mit dem Zuwachs der letzten 10 Jahre in verschiedenen Baumhöhen verglichen.

In Tabelle VII (siehe S. 12) sind für die einzelnen Klassenstämme und verschiedenen Höhen die Prozente vorgetragen.

II. Von der Qualität des Kiefernholzes.

1. Untersuchungsmaterial und Methode.

Wie ich bereits in der Einleitung erwähnt habe, wurde bei den früheren Untersuchungen über die Qualität des Kiefernholzes nur wenig Rücksicht darauf genommen, ob der Stamm einem gleichalterigen Bestande angehörte und ob er in einem solchen vorherrschend oder unterdrückt war; auch bezogen sich alle Resultate auf das Lufttrockengewicht. Schwappach**) hat bei seinen jüng-

*) R. Hartig, „Ueber den Entwickelungsgang der Fichte". Forstl. naturw. Zeitschrift 1892 pag. 185.

**) Schwappach, „Qualität des Kiefernholzes". Zeitschr. für Forst. u. Jagdwesen 1892 pag. 75.

Tabelle VI.

Rindenprocente in den verschiedenen Baumhöhen.

In Höhe m	I.	II.	III.	IV	V
1.3	21.5	16.7	25.8	17.5	18.6
4.5	12.6	7.9	14.2	7.7	6.9
7.7	5.9	4.0	9.0	6.0	4.5
10.9	4.4	2.3	5,5	4.6	5.9
14.1	5.4	3.5	5.4	4.5	4.4
17.3	6.3	4.0	5.7	6.6	5.6
20.5	10.5	5.5	8.9	12.5	13.1
23.7	.	12.1	.	.	.
Ganzer Stamm	12.3	7.9	14.2	10.0	9.5

Tabelle VII.

Verhältnis der lebenden Rinde zum Holzzuwachse der letzten 10 Jahre.

In Höhe m	I.	II.	III.	IV.	V.
	%	%	%	%	%
1.3	13.4	24.0	55.6	33.8	40.5
4.5	24.0	25.5	55.0	33.8	43.3
7.7	19.6	22.8	57.6	33.9	43.1
10.9	19.3	15.7	40.4	34.0	34.1
14.1	18.2	25.2	29.6	25.6	25.8
17.3	16.6	16.5	38.0	22.9	23.1
20.5	13.0	9.9	14.4	9.3	14 4
23.7	.	6.7	.	.	.
Ganzer Stamm	19.0	21.6	42.0	27.5	35.8

sten Untersuchungen aus 12 Beständen je 2 Stämme genommen; aus seinen Angaben ist jedoch zu entnehmen, daß diese Stämme stets dominierende waren, sich daher seine Resultate auf die dominierenden Stämme eines Bestandes beziehen.

Wie wir aus vorliegenden Untersuchungen sehen werden, hat auf die Qualität des Kiefernholzes nicht nur das Alter und die Standortsgüte, sondern auch die individuelle Wuchsgeschwindigkeit einen bedeutenden Einfluß.

Gelegentlich der sektionsweisen Aufnahme der Probestämme wurde aus der Mitte jeder Sektion eine Walze von 20 cm. Höhe entnommen. Eine Scheibe von 2 ctm. diente zur Zuwachsberechnung, der Rest von 18 ctm. zur Untersuchung des Holzes. Die Schnittflächen wurden, um eine Verdunstung des Wassers zu verhindern, mit einer Vaselinschichte überzogen. Zu Hause wurden die Holzklötze in einem kalten Raume aufbewahrt, und da die Untersuchung fraglichen Materiales im Monate Januar stattfand, zu welcher Zeit das Holz noch gefroren war, so ist anzunehmen, daß keine allzu störende Verdunstung des im Holze befindlichen Wassers stattgefunden hat.

Aus den Klötzen wurden je 2 Keile herausgespalten und diese in der Weise in Spaltstücke zerlegt, daß jedes derselben von außen nach innen 20 Jahrringe umfaßte. Die Herausnahme der diametralen Stücke hatte den Zweck ev. kleine Verschiedenheiten der einzelnen Seiten auszugleichen. Sobald sich bei den korrespondierenden Stücken große Verschiedenheiten z. B. starker Ast, viel Rotholz, Kien ꝛc. zeigten, so wurde das spezifische Frischgewicht ꝛc. für beide gesondert ermittelt und die einzelnen Stücke mit a und b bezeichnet. Sämmtliche Spaltstücke wurden genau signiert, sodaß Verwechslungen ausgeschlossen waren.

Von einer Trennung des Splintes und Kernes bei der Uebergangsperiode wurde abgesehen, da eine scharfe Abscheidung desselben nicht möglich ist und hiedurch nur die Arbeit unverhältnismäßig vergrößert worden wäre. In Tabelle XII ist die Zahl der Jahrringe im Kern und Splint in den verschiedenen Höhen angegeben, sodaß für jedes untersuchte Stück leicht gefunden werden kann, ob es Splint oder Kern ist, oder ob es sich in der Uebergangszone befindet.

Die frischen Spaltstücke wurden sofort gewogen und xylometriert und zwar die größeren Stücke in einem Messing-, die kleineren in einem Glas-Xylometer.

Das spezifische Frischgewicht ergab sich sodann als Quotient aus Frisch-Gewicht und -Volumen. $S = \frac{Frg}{Frv}$. Obgleich dasselbe wenig wissenschaftliche Bedeutung hat, so habe ich es doch der Vollständigkeit wegen in den Tabellen IX—XI mit veröffentlicht. — Die fraglichen Spaltstücke wurden nun zwecks Bestimmung des spezifischen Trockengewichtes in einem Trockenkasten ununterbrochen auf 100° C. solange erhitzt, bis sie innerhalb 24 Stunden einen Gewichtsverlust von nur noch 0.3% zeigten. Das nun absolut trockene Holz

wurde vor dem Wiegen solange abgekühlt, bis es sich lauwarm anfühlte. Es ist nicht zu bezweifeln, daß das Holz bei der Abkühlung wieder etwas Wasser aus der umgebenden Luft aufnimmt; jedoch würde, falls man das Holz zu warm wiegen würde, durch den aufsteigenden warmen Luftstrom die Wage ein falsches Gewicht angeben. Diese beiden Fehlerquellen wurden durch die Abkühlung auf genannte Temperatur zu kompensieren versucht. Nach dem Wiegen wurden die Stücke sofort wieder xylometriert; um aber ein Eindringen des Wassers in das Holz zu verhindern, wurden die Schnittflächen wieder mit einer dünnen Vaselinschicht überzogen. Das spezifische Trockengewicht berechnet sich sodann als Quotient aus Trockengewicht und Trockenvolumen. $S, = \frac{Trg}{Trv}$.

In den obengenannten Tabellen ist für sämmtliche Klassenstämme das spezifische Trockengewicht für die verschiedenen Höhen und Perioden vorgetragen. Auf die Besprechung der einzelnen Resultate, welche sich auf 1048 Wägungen und Volummessungen stützen, komme ich weiter unten.

Die Substanzmenge wurde in Prozenten des Frischvolumens berechnet.

$Sm = \frac{Trg}{Frv}$.

Der Wassergehalt $W = \frac{Frg - Trg}{Frv}$.

Um den Luftraum im Holze bestimmen zu können, mußte zunächst das Volumen der Substanz ermittelt werden, welches sich aus

$$\frac{\text{Substanz-Gewicht}}{\text{Spez. Gewicht der Substanz}}$$

berechnet. Die Bestimmung des spezifischen Gewichtes der Substanz erfolgte mittelst Lösungen von Calciumnitrat, deren spezifisches Gewicht durch Aerometer genau bestimmt wurde. Aus Stamm III nahm ich in der Höhe von 1.3; 10.9 und 20.5 m. aus Kern und Splint sowie aus der Wurzel je 20 mikroskopische Schnitte, welche ich in verschieden starke Lösungen brachte. Da nun der Harzreichtum des Holzes in den einzelnen Jahrringen nie ganz gleich ist, so kann natürlich der Moment nie erreicht werden, in dem alle Stücke einer Gruppe gleichzeitig in der Lösung schweben. Es wurden deßhalb die untergesunkenen Stücke stets wieder herausgenommen und deren spezifisches Gewicht in stärkeren Lösungen bestimmt. Aus den erhaltenen Zahlen wurde sodann das Mittel für die einzelnen Höhen genommen. Es ergab sich:

Tabelle VIII.

In Höhe m.	1.3	10.9	20.5	Wurzel	Mittel	Stock verharzt
Kern	153	155	151	152	153	137
Splint	154	153	153			

Während das spezifische Gewicht des Kernes in der Mitte des Stammes größer ist als im unteren Stammteil, sinkt dasselbe in der Baumkrone wieder bedeutend herab. Das geringere spezifische Gewicht im Kerne in 1.3 m. Höhe rührt von der größeren Verharzung her. Um die Größe des Einflusses der Verharzung auf das spezifische Gewicht näher zu untersuchen, habe ich ein sehr stark verharztes Stück des Stockes auf sein spezifisches Gewicht untersucht und ein solches von nur 137 gefunden.

Für den Splint ist das spezifische Gewicht in allen Baumhöhen ziemlich gleich; während es in der Wurzel ein solches von 152 zeigt, steigt es bei 1.3 m. auf 154, von da an bleibt es konstant.

Da bekanntlich das spezifische Gewicht des Kernes je nach Harzgehalt großen Schwankungen unterliegt, habe ich mich entschlossen, für die Substanzberechnung oberer, mittlerer und unterer Kern nicht auszuscheiden, sondern das Mittel von dem ganzen Stamm zu nehmen. Dieses Mittel fällt mit dem des Splintes zusammen, sodaß also für den ganzen Stamm (Kern und Splint) das Mittel 153 für die weitere Berechnung genommen werden kann, ohne daß hiedurch den Resultaten Mangel an Genauigkeit zum Vorwurf gemacht werden kann.

Die mikroskopischen Schnitte wurden in der ersten Lösung vom 15. Februar bis 13. März gelassen, sodaß sie sämmtlich mit der Flüssigkeit durchdrungen waren; bei jeder weiteren Bestimmung ließ ich dieselben je 8 Tage in der Lösung. Sobald bis zum 6.—8. Tage kein Fallen oder Steigen der Schnitte stattfand und dieselben schwebten, wurde die Lösung als mit dem spezifischen Gewicht übereinstimmend betrachtet.

R. Hartig*) hat für Kiefernholz ein spezifisches Gewicht von 156 angegeben, was vielleicht in einem geringeren Harzgehalte der von ihm untersuchten Holzstücke seine Ursache haben mag; für verharztes Kiefernholz 153; jedoch wurde gleichzeitig von genanntem Forscher darauf hingewiesen, daß durch die Verharzung das spezifische Gewicht der Substanz größeren Schwankungen unterliege.

Aus dem spezifischen Gewichte und der Substanzmenge ergibt sich das Substanzvolumen $= \frac{\text{Substanzmenge}}{153}$ und der Luftraum $= 100 -$ (Substanzvolumen $+$ Wasser). Das Schwindeprozent $= \frac{\text{Frv} - \text{Trv}}{\text{Frv}}$.

In den Tabellen IX—XI habe ich sämmtliche Ergebnisse für die einzelnen Höhen und die 20jährigen Perioden zusammengestellt, sowie in den letzten 3 Rubriken die Substanzmenge, das spezifische Trockengewicht, sowie das Schwindeprozent sowohl für die einzelnen Sektionen als auch für den ganzen Stamm berechnet.

*) R. Hartig, „Das Holz der Nadelwaldbäume". Berlin 1885.

2. Das spezifische Trockengewicht.

Von größtem Einfluß auf die Qualität einer Holzart ist deren spezifisches Trockengewicht. Wie wir aus Tabelle IX (siehe S. 18 u. 19) ersehen, kommen in den verschiedenen Höhen und Perioden der Klassenstämme die größten Verschiedenheiten vor. Bei den Stämmen I, II und V steigt das Holzgewicht bis zum 50jährigen Alter und sinkt von da an mit zunehmendem Alter, wogegen bei III und IV das beste Holz in dem 50—70jährigen Alter gebildet wird. Die Kiefer unterscheidet sich also wesentlich von der Fichte, bei welcher im geschlossenen Bestande die Holzqualität noch im 100jährigen Alter zunimmt, durch frühzeitiges Sinken des Holzgewichtes.

Betrachtet man die Größe des Trockengewichtes der gleichen Perioden in den verschiedenen Höhen, so zeigt sich bei Stamm I und II, daß dasselbe von unten gegen die Mitte abnimmt, dann nach oben wieder steigt, ebenso bei Stamm III in den beiden letzten, bei Stamm IV in den 3 letzten und bei Stamm V in der letzten Periode. In den übrigen Perioden fällt mit zunehmender Höhe das Gewicht resp. bleibt konstant.

Aus der Ermittelung des Trockengewichtes für den ganzen Stamm hat sich die interessante Thatsache ergeben, daß die beiden vorherrschenden Stämme das höchste spezifische Trockengewicht haben. Es tritt somit bei der Kiefer das entgegengesetzte Gesetz in Bezug auf das Trockengewicht zum Vorschein als bei der Fichte*); bei dieser nimmt das Trockengewicht mit abnehmender Stammstärke unter den Klassenstämmen eines Bestandes zu. Es zeigen also bei der Kiefer die stärkeren Bäume schwereres Holz als die schwächeren; umgekehrt ist dieß bei der Fichte der Fall. R. Hartig findet den Grund für diese Erscheinung bei der Fichte einerseits in der geringeren Verdunstung der unterdrückten Stämme, wodurch das Leitungsgewebe gegenüber dem Festigungsgewebe sich weniger entwickelt, andererseits in der geringeren Größe der Organe der schwachwüchsigen Bäume. Die Größe der Frühjahrszone scheint bei der Kiefer nur geringen Einfluß auf die Qualität des Holzes derselben zu haben, vielmehr ist hiefür, wie wir später sehen werden, die Dickwandigkeit der Organe maßgebend.

Gayer gibt in seinem Werke über Forstbenutzung für Kiefernholz ein Lufttrockengewicht von 0.52 an; Baur**) fand für ein 30—35jähriges Kiefernscheitholz ein solches von 0.528, für ein 67j. ein solches von 0.554. Nimmt man nun an, daß im Allgemeinen das Lufttrockengewicht um ca. 0.03 gegenüber dem absoluten Trockengewicht zu hoch ist, so ergibt sich nach Gayer ein solches von 0.49; nach Baur ein solches von 0.498 resp. 0.524; nach R. Hartig***) ein solches von 0.509 für einen 135j. Bestand II. Bonität; von 0.494 für

*) R. Hartig, „Verschiedenheiten in d. Qualität d. Fichtenholzes". Forstl. naturw. Zeitschr. 1892 pag. 222.

**) Baur, „Ueber Gewicht, Volumen ꝛc." Forstw. Centralblatt 1892 pag. 144.

***) R. Hartig, „Holz der Nadelwaldbäume", Berlin 1885 pag. 85 u. 59.

einen 135j. Bestand II/III. Bonität; von 0.489 für einen 130j. Bestand II. Bon.; von 0.483 für einen 117j. Bestand II/III. Bon. und von 0.500 für einen 85j. Bestand I/II. Bonität.

R. Hartig fand ferner durch den Vergleich der von ihm in der Mark Brandenburg, im Forstamte Freising bei München, im Nürnberger Reichswalde und in Tirol untersuchten Kiefern, daß mit der Bodengüte das Gewicht des Holzes der Kiefer steigt. Für die Münchener Gegend fand genannter Forscher bei 70—90jährigem Alter ein Gewicht von 0.474*). Schwappach**) fand für 110jährige Kiefern I. Bonität 0.501, also dasselbe, was R. Hartig für I/II. Bonität in Eberswalde fand. Die von Nördlinger***) angegebenen Zahlen für das Lufttrockengewicht sind nicht vergleichbar, da sie sich auf eine 35jährige Kiefer von abnorm schlechtem Wuchse beziehen. Vorliegende Untersuchungen haben für die 110jährigen Kiefern ein mittleres Trockengewicht von 0.474 ergeben. Diese gefundenen Zahlen bestätigen, daß mit zunehmender Bodengüte das spezifische Trockengewicht steigt i. e. die Qualität des Kiefernholzes zunimmt.

3. Die Substanzmenge.

Die Menge der Substanz steht in enger Beziehung zum Trockengewicht; es zeigen sich deßhalb bei sämmtlichen Probestämmen dieselben Verhältnisse wie beim Trockengewicht. Für die einzelnen Klassenstämme wurde eine Substanzmenge von 43.6%; 43.4%; 39.0%; 41.3% und 40.7% gefunden. Für sämmtliche Probestämme ist das Mittel 41.1%.

4. Verteilung des Wassers und der Luft in den Klassenstämmen.

Der Anteil des Wassers und der Luft mußte zweckdienlich ebenfalls in 20jährigen Perioden ermittelt werden; die Folge hievon ist, daß an der Grenze zwischen Splint und Kern die Zahlen teilweise großen Schwankungen unterliegen und mit den oberen Sektionen nicht immer übereinstimmend sind. Naturgemäß nimmt die Wassermenge auch innerhalb des Splintes mit wenigen Ausnahmen von außen nach innen ab. Sie bleibt im äußersten Splinte ziemlich konstant und nur die unterste Sektion erscheint bei allen Stämmen auffallend wasserarm, was als unmittelbare Folge des großen Substanzreichtums hierselbst zu betrachten ist. In der vorletzten Periode sind die gefundenen Zahlen für die Wassermengen von einander sehr verschieden. So ist z. B. bei Stamm II die Differenz zwischen dem unteren Stammende und der Krone 42.2%, bei den übrigen Stämmen liegt diese Differenz zwischen 13.6 und 20.5%. Diese Differenzen im Wassergehalte der Untersuchungsstücke beruhen darauf, daß die Zahl der Splintringe nach oben abnimmt und deßhalb in den

*) R. Hartig, „Holz der Nadelwaldbäume". Berlin 1885 pag. 85 u. 59.

**) Schwappach, „Ueber die Qualität des Kiefernholzes". Zeitschr. für Forst- u. Jagdwesen 1892 pag. 79.

***) Nördlinger, „Technische Eigenschaften ꝛc." Stuttgart 1860 pag. 174.

Tabelle IX.

Baumhöhe	110—90						90—70						70—50					
	Spec. Frisch-gewicht	Spez. Trocken-gewicht	Substanz pro 100 Frischvolumina	Wasser	Luft	Schwindeprocent	Spec. Frisch-gewicht	Spez. Trocken-gewicht	Substanz pro 100 Frischvolumina	Wasser	Luft	Schwindeprocent	Spez. Frisch-gewicht	Specif. Trocken-gewicht	Substanz pro 100 Frischvolumina	Wasser	Luft	Schwindeprocent
																		I. Klassen.
1.3	103.9	53.3	46.2	57.7	12.1	13.7	103.3	51.7	45.1	58.2	12.3	12.7	89.8	57.0	50.2	39.6	27.6	12.0
4.5	101.9	47.7	41.6	60.3	12.5	12.9	99.1	46.6	41.3	57.8	15.2	11.4	72.5	47.7	42.4	30.1	42.2	11.1
7.7	103.2	45.1	39.4	63.8	10.4	12.4	94.8	41.9	37.1	57.7	18.1	11.5	60.5	43.6	38.6	21.9	52.9	11.4
10.9	101.5	42.8	38.6	62.9	11.9	10.0	90.6	43.3	39.4	51.2	23.0	9.1	52.1	44.5	40.1	12.0	61.8	9.9
14.1	103.1	43.2	40.4	62.7	10.9	6.5	84.5	45.0	40.2	44.3	29.4	10.6	52.9	46.4	42.1	10.8	61.7	9.2
17.3	100.8	41.7	32.5	68.3	10.5	11.9	82.4	44.4	39.5	42.9	31.3	11.0						
20.5	100.0	47.6	44.3	55.7	15.3	6.9	88.9	49.6	44.3	44.6	26.4	10.7						
G. Stamm	102.6	46.8	41.1	61.5	11.6	11.4	93.9	45.9	40.8	53.1	20.2	11.1	6.80	48.4	43.1	24.9	47.0	10.9
																		II. Klassen.
1.3	103.0	53,0	44.8	58.2	12.5	15.6	99.7	51.9	43.6	56.1	15.4	16.0	70.7	54.9	48.7	22.0	46.2	11.4
4.5	101.7	46.2	40.2	61.5	12.1	12.9	87.6	48.9	43.0	44.6	27.3	12.4	58.3	50.8	45.2	13.1	57.4	11.1
7.7	101.5	41.7	37.8	63.7	11.6	9.1	81.9	44.8	40.1	41.8	32.0	10.6	59.2	51,8	46.6	12.6	57.0	10.0
													a53.2	48.9	40.5	12.7	60.8	17.2
													b62.2	53.0	49.6	12.6	55.0	6.6
10.9	100.3	42.8	37.5	62.8	12.7	12.5	70.1	45.5	40.0	30.1	43.8	12.0	52.6	46.2	40.7	11.9	61.5	12.0
14.1	99.1	41.9	36.3	62.8	13.5	13.4	73.9	42.6	38.2	35.7	39.3	10.4	51.4	43.4	39.4	12.0	62.2	9.2
17.3	100.3	47.9	43.5	56.8	15.8	9.1	70.0	52.5	48.9	21.1	46.9	6.8	57.6	50.9	45.8	11.8	58.3	10.1
							a75.6	54.4	51.3	24.3	42.2	7.3						
							b59.5	42.3	40.2	19.3	54.4	5.0						
20.5	99.0	45.7	41.4	57.4	15.4	8.9	59.1	50.5	45.2	13.9	56.6	10.4						
23.7	100.2	45.7	40.5	59.7	13.8	11.5												
G. Stamm	101.0	46.1	40.5	60.5	13.2	12.0	81.6	48.2	42.7	38.9	33.2	11.4	58.7	49.8	44.5	14.2	56.7	10.7
																		* III. Klassen.
1.3	102.4	49.8	43.1	59.3	12.5	13.5	97.7	57.8	49.8	47.9	19.6	13.8	78.1	60.9	52.6	25.5	40.1	13.6
4.5	100.7	44.0	37.1	63.6	12.2	13.5	86.7	49.6	43.0	43.7	28.2	13.3	62.2	53.0	46.6	15.6	53.9	12.1
7.7	95.8	39.9	36.1	59.7	16.7	9.5	75.9	47.0	40.9	35.0	38.3	12.8	54.5	47.1	41.8	12.7	60.0	11.3
10.9	94.1	40.2	35.5	58.6	18.2	11.7	65.8	43.5	38.8	27.0	47.6	10.9	50.1	42.6	38.6	11.5	63.3	9.3
14.1	100.7	37.7	34.1	66.6	11.1	9.6	81.7	40.5	36.4	45.3	30.9	9.9	56.5	41.4	37.7	18.8	56.6	9.1
17.3	96.4	41.8	36.3	60.1	16.2	13.0	72.2	42.7	38.1	34.1	41.0	11.1						
20.5	101.5	45.0	38.0	63.5	11.7	10.1	69.7	41.4	38.8	30.9	43.7	9.4						
23.7																		
G. Stamm	99.4	43.4	37.6	61.8	13.7	11.7	80.5	47.2	41.5	39.0	33.9	12.0	61.4	49.7	44.0	17.4	53.9	11.2
																		IV. Klassen.
1.3	101.5	48.2	41.6	59.9	12.9	13.8	102.4	54.6	44.3	58.1	12.9	19.2	96.9	56.2	46.8	50.1	19.3	16.8
4.5	100.7	43.5	37.1	63.6	12.2	14.6	102.2	47.0	41.7	60.5	12.2	11.2	84.1	50.0	43.0	41.1	30.8	14.0
7.7	102.1	41.4	37.0	65.1	10.7	10.7	99.2	43.0	37.8	61.4	13.9	12.1	76.1	45.4	39.4	36.7	37.5	13.2
10.9	101.4	42.5	37.2	64.2	11.5	12.6	96.5	51.1	46.4	50.1	19.6	9.2	62.2	46.7	40.4	21.8	52.4	13.8
14.1	100.6	42.6	37.3	63.3	12.3	12.5	98.2	42.3	38.7	59.5	15.2	8.4	63.7	47.6	44.0	19.7	51.5	7.5
17.3	98.8	45.2	38.9	59.9	14.7	13.9	89.5	47.9	46.8	42.7	26.7	9.5						
20.5	105.4	51.2	45.8	59.6	10.5	10.5												
23.7																		
G. Stamm	101.0	44.6	38.8	62.2	12.4	13.0	98.7	48.0	42.6	56.1	16.1	11.8	78.1	49.7	43.0	35.1	36.9	13.5
																		V. Klassen.
1.3	105.2	47.8	42.6	62.6	9.6	10.9	105.3	50.1	44.4	60.9	10.1	11.3	91 4	51.4	45.1	46.3	24.2	12.2
4.5	101.6	42.9	37.8	63.8	11.5	11.9	100.3	44.2	40.0	60.3	13.6	9.4	62.8	47.7	42.8	20.0	52.0	10.3
7.7	104.8	41.4	37.5	67.3	8.2	9.4	95.8	43.5	38.7	57.1	17.6	11.2	57.5	48.0	42.3	15.2	57.2	11.8
10.9	101.3	40.1	36.2	65.1	11.3	10.0	92.8	41.8	37.0	55.8	20.0	11.4	55.0	44.2	39.8	15.2	58.8	10.0
14.1	104.0	43.0	38.7	65.3	9.4	10.4	87.8	41.4	37,4	50.4	25.2	9.7	50.2	42.8	39.6	10.6	63.5	7.5
17.3	102.1	40.8	38.7	63.4	11.3	6.3	80.2	41.4	39.4	40.8	33.4	7.4						
20.5	99.6	44.3	39.9	59.7	14.2	10.0												
G. Stamm	103.1	43.1	38.9	64.2	10.4	9.9	94.6	44.1	39.7	54.9	19.2	10.2	65.2	47.2	42.1	23.1	51.7	10.6

* In Periode 110-90 soll es in der Schemat. Darstellung in 20.5 m Höhe statt 38.7 38.0 Substanz heißen.
" " 50-30 " " " " " " " " 10.9 " " " 7.9 10.7 Wasser "

Tabelle IX.

50—30						30—x						110—x Substanzmenge	110—x Spez. Trockengewicht	110—x Schwindeprocent	
Spez. Frisch-gewicht	Spec. Trocken-gewicht	Substanz pro 100 Frischvolumi na	Wasser	Luft	Schwindeprocent	Specif. Frisch-gewicht	Specif. Trocken-gewicht	Substanz pro 100 Frischvolumina	Wasser	Luft	Schwindeprocent				
stamm															
71.4	63.9	57.0	14.4	48.3	10.8	61.0	54.2	49.0	12.0	56.0	9.6	50.0	56.6	11.8	
59.7	52.5	47.4	12.3	56.7	10.0	50.4	42.7	39.4	11.0	63.2	7.6	43.5	48.3	10.8	
52.8	47.1	41.6	11.2	61.6	11.7							39.3	44.5	11.7	
57.8	49.6	45.5	12.3	58.0	8.3							39.8	39.4	9.6	
												40.7	44.6	8.9	
												38.2	43.1	11.4	
												44.3	47.9	7.5	
62.6	55.5	49.7	12.9	54.6	10.6	59.0	52.0	47.2	11.8	57.4	9.2	43.6	48.1	10.8	
stamm															
64.4	58.3	50.4	14.0	53.1	13.7	62.4	55.5	48.2	14.2	54.3	13.0	47.4	55.0	13.9	
55.9	48.9	42.6	13.3	58.9	12.9	52.2	43.6	39.5	12.7	61.5	9.2	42.5	48.1	11.8	
71.4	53.1	48.2	23.2	45.3	9.3							43.7	48.5	9.9	
58.6	48.9	41.7	16.9	55.8	14.8										bei a Rotholz.
76.8	54.7	50.9	25.9	34.3	7.1										„ b Kien.
52.2	44.8	40.3	11.9	61.8	9.9							40.4	45.0	11.8	
												38.0	42.7	11.0	
												46.3	50.4	8.1	
															bei a Rotholz.
												42.6	57.8	9.3	
												40.5	59.7	11.5	
61.7	51.9	45.9	15.8	54.3	11.6	58.0	50.4	44.4	13.6	58.6	11.4	43.4	49.3	11.7	
stamm															
67.2	59.1	52.3	14.9	50.9	11.6	.	48.7	.	.	.	.	49.8	57.1	12.7	
a71.0	64.2	55.6	15.4	48.3	13.4	a .	53.7	.	.	.	.				bei a starker Ast
b62.2	52.7	47.9	14.3	54.4	9.1	b51.2	44.0	39.5	11.7	62.5	10.1				
50.0	43.7	38.6	11.4	63.4	11.7							41.8	47.7	12.3	
50.8	43.7	39.0	11.8	62.7	10.8							39.9	45.0	11.2	
48.7	40.8	38.0	10.7	67.3	6.8							38.1	42.3	9.8	
46.8	40.5	36.9	9.9	66.0	9.8							36.8	40.6	9.5	
												37.3	42.3	11.8	
												38.8	43.1	10.1	
54.6	47.3	42.3	12.3	60.6	10.5	.	.	.	.	.	.	39.0	47.7	11.4	
stamm															
55.2	48.9	42.6	12.6	59.6	12.8							44.0	51.9	15.1	
50.3	43.8	39.2	11.1	63.3	10.6							40.7	46.4	12.4	
50.6	45.2	39.3	11.3	63.0	13.0							38.7	44.2	12.5	
												41.3	46.9	12.1	
												40.1	44.3	9.3	
												40.8	46.3	12.1	
												45.8	51.2	10.5	
52.1	45.9	40.4	11.7	61.9	12.0	.	.	.	.	.	.	41.3	47.5	12.8	
stamm															
63.5	54.6	47.8	15.7	53.1	11.2	49.0	42.8	38.5	10.5	64.3	10.1	43.3	48.6	10.9	
50.1	44.0	39.9	10.2	63.7	9.2							40.5	44.9	9.9	
a52.9	46.2	41.6	11.3	61.5	10.0										bei a starker Ast
b49.2	42.6	38.9	10.3	64.3	8.7										
52.4	45.8	41.8	10.6	62.1	8.6							40.7	45.3	10.1	
50.5	44.2	40.5	10.0	63.5	8.6							38.6	42.9	9.9	
												38.4	42.3	9.2	
												38.8	41.7	6.9	
												39.9	44.3	10.0	
54.5	47.4	42.7	11.8	60.3	9.2	.	.	.	.	.	.	40.7	45.2	9.9	

oberen Sektionen so ein größerer Anteil des wasserarmen Kernes sich befand als in den unteren Stücken.

Für den Wassergehalt des ganzen Holzkörpers der Stämme wurden 32.4; 23.0; 28.5; 40.4 und 37.0 Prozente gefunden. Die größeren Prozentsätze bei den schwächeren Stämmen erklären sich aus dem größeren Anteile des Splintes, den diese Bäume zeigen. Im Mittel wurden 32.0% Wasser gefunden. R. Hartig*) hat für einen 117jährigen Bestand, welcher im April gefällt wurde, einen Durchschnittssatz von 28.2% Wasser berechnet. Da sich diese Zahl auf das Lufttrockengewicht bezieht, so müssen nach den Untersuchungen**) genannten Forschers über das absolute Trockengewicht noch 4.3% addiert werden, um den richtigen Wassergehalt für das Frischvolumen zu erhalten. Es ergibt sich somit für den 117jährigen Kiefernbestand eine Wassermenge von 32.5%. Für eine 110jährige im Juni gefällte Kiefer fand R. Hartig***) 36.5% Wasser, für eine 115jährige im Oktober gefällte 36.1% Wasser.

5. Verhältnis von Splintholz zu Kernholz und das Schwinden des Holzes.

Von großem Einfluß auf den Grad des Schwindens eines Holzes ist seine Verkernung. In Tabelle X (siehe S. 21) sind für sämmtliche Klassenstämme die Zahl der Kern- und Splintringe, sowie deren Fläche übersichtlich zusammengestellt, sodaß das Verhältnis von Splint und Kern in jeder beliebigen Höhe leicht gefunden werden kann. Wie schon früher erwähnt, geht die Verkernung bei der Kiefer ebenso wie bei der Fichte nicht jahrringweise vor sich, sondern auf den verschiedenen Seiten sprungweise, sodaß auf der einen Seite ca. 3—6 Jahrringe mehr verkernt sein können als auf der anderen. Um daher eine richtige Zahl der Kernringe zu erhalten, wurden dieselben auf 4 Radien gezählt und hievon das Mittel genommen. Aus diesen Untersuchungen hat sich ergeben, daß die Zahl der Splintringe von unten nach oben abnimmt; es kommt jedoch auch vor, daß die Ringzahl im Splint nach oben wieder zunimmt. So ist z. B. bei Stamm III die Zahl der Splintringe bei 14.1 m. Höhe größer, als bei 7.7 m. Hieraus ergibt sich, daß im unteren Baumteile der innere Splint ein sehr ausgiebiges Wasserreservoir für Zeiten der Noth darstellt. Aus der Tabelle zeigt sich weiter, daß die schwächeren Stämme mehr Splintringe besitzen als die beiden ersten Klassenstämme.

Aus seinen Resultaten über die Zahl der Splintringe in den verschiedenen Höhen bei der Fichte und Kiefer gelangte R. Hartig†) zu der Ansicht, daß „für das 150jährige Alter die Zahl der Splintringe der Kiefer als nahezu

*) R. Hartig, „Frisch- u. Trockengewicht des Kiefernholzes". Berlin 1874 pag. 23.

**) R. Hartig, „Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institut München". III. Berlin 1883 pag. 92.

***) R. Hartig, „Das Holz der Nadelwaldbäume". Berlin pag. 115 u. 117.

†) R. Hartig, „Verschiedenheiten ꝛc.". Forstl. naturw. Zeitschr. 1892 pag. 211 u. folg.

Tabelle X.

Baumhöhe	Stamm I.						Stamm II.						Stamm III.						Stamm IV.						Stamm V.					
	Jahrringe im Kern	Durchmesser des Kernes	Kreisfläche des Kernes	Jahrringe im Splint	Breite des Splintes	Kreisfläche des Splintes	Jahrringe im Kern	Durchmesser des Kernes	Kreisfläche des Kernes	Jahrringe im Splint	Breite des Splintes	Kreisfläche des Splintes	Jahrringe im Kern	Durchmesser des Kernes	Kreisfläche des Kernes	Jahrringe im Splint	Breite des Splintes	Kreisfläche des Splintes	Jahrringe im Kern	Durchmesser des Kernes	Kreisfläche des Kernes	Jahrringe im Splint	Breite des Splintes	Kreisfläche des Splintes	Jahrringe im Kern	Durchmesser des Kernes	Kreisfläche des Kernes	Jahrringe im Splint	Breite des Splintes	Kreisfläche des Splintes
m		mm	qcm		mm	qcm		mm	qcm		mm	qcm		mm	qcm		mm	qcm		mm	qcm		mm	qcm		mm	qcm		mm	qcm
1.3	41	232	423	52	63.5	589	58	245	471	46	44.5	405	41	208	340	54	33.5	254	25	173	235	67	52.5	372	40	156	191	62	28.5	165
4.5	38	222	387	49	47	397	56	242	460	39	33.5	290	40	192	290	51	23.5	159	24	160	201	63	44	282	36	148	172	59	22	118
7.7	34	180	254	44	44	310	49	229	412	37	30.5	249	40	192	290	43	17.5	115	20	140	154	60	41.5	237	38	133	139	53	19	91
10.9	29	173	235	40	46	317	44	202	320	35	29	211	35	171	230	42	17.5	103	22	171	230	54	20	120	31	116	106	51	24	105
14.1	22	109	93	38	50.5	253	37	170	227	34	28	174	24	128	129	45	26	126	19	94	69	44	38.5	161	30	83	54	43	24.5	83
17.3	12	66	34	30	42.5	145	27	122	117	29	28.5	188	15	72	41	34	29.5	94	8	26	5	33	45	101	17	47	17	35	28.5	68
20.5	.	.	.	29	36	41	17	54	23	23	25.5	64	4	27	6	23	29	51	.	.	.	14	22.5	16	.	.	.	18	20	13
23.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	14	15	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ganz. Stamm			41.0% Kernholz			59.0% Splintholz			56.1% Kernholz			43.9% Splintholz			59.5% Kernholz			40.5% Splintholz			41.0% Kernholz			59.0% Splintholz			51.4% Kernholz			48.6% Splintholz

doppelt so groß geschätzt werden kann als für die Fichte". Nach vorliegenden Untersuchungen würde das für die schwächeren Klassenstämme in den unteren Sektionen zustimmen, wogegen die Splintringzahl der stärkeren Klassenstämme die der Fichte nicht sehr übertreffen.

Die Veränderung des Holzes durch den Verkernungsprozeß hat auf das Schwindeprozent einen großen Einfluß. Dasselbe ist im Allgemeinen um so größer, je substanzreicher das Holz ist. Daneben läßt sich aber auch erkennen, daß das Kernholz relativ weniger schwindet als das Splintholz bei gleicher Substanzmenge. R. Hartig hat dies damit erklärt, daß bei der Verkernung Holzgummi oder Sekrete (Gerbstoffe und deren Derivate) in die Wandungssubstanz dringen und das Schwinden hiedurch vermindern. Bei der harzreichen Kiefer wird während des Trocknens *) auch mehr oder weniger Harz in die Wandungsstubstanz eintreten und dadurch die Größe des Schwindens beeinflußen. Auch die vorliegenden Untersuchungen zeigen daß bei gleicher Substanzmenge der Kern weniger schwindet als der Splint. — Entsprechend den Veränderungen der Substanzmenge nimmt auch das Schwindeprozent im Allgemeinen von unten bis zur Mitte ab und steigt dann wieder. Das tritt insbesondere auch bei der Berechnung des Schwindeprozentes der einzelnen Sektionen hervor.

Schwappach **) ist der Ansicht, daß die oberen Teile eines Stammes ein kleineres Schwindeprozent besitzen als die unteren; nach den Ergebnissen vorliegender Untersuchungen kann ich dieser Ansicht nicht beitreten, da die geringeren Schwindeprozente in den oberen Stammteilen mehr Folge geringerer Substanzmenge zu sein scheinen.

Aus den Untersuchungen R. Hartigs ***) geht ebenfalls hervor, daß im Allgemeinen das Schwindeprozent von unten nach oben abnimmt und dann wieder steigt.

6. Verschiedenheiten im anatomischen Bau.

Ueber den Einfluß der äußeren Faktoren auf den anatomischen Bau des Kiefernholzes sind bis jetzt keine Untersuchungen gemacht worden. Die über die Kiefer vorhandenen anatomischen Untersuchungen beziehen sich auf einzelne Stammindividuen ohne Rücksicht auf deren Entstehung, ob im geschlossenen Bestande oder frei erwachsen, ob vorherrschend oder unterdrückt.

Schacht †) kam bei seinen Untersuchungen über die Holzzelle der Kiefern in Stamm und Wurzel zu dem Resultate, daß im Holze der Wurzel die Holzzelle 2—4mal größer sei als im Stamme. v. Mohl ††) griff diese Ansicht an,

*) Mayr, „Das Harz der Nadelhölzer". Berlin 1894 pag. 8.

**) Schwappach, „Ueber die Qualität ꝛc." Zeitschr. für Forst- u. Jagdwesen 1892 pag. 85.

***) R. Hartig, „Spez. Frisch- u. Trockengewicht der Kiefer". Berlin 1874, Taf. I u. II.

†) Schacht, „Anat. u. Physiol. II. pag. 174.

††) v. Mohl, Bot. Zeitg. 1862 pag. 233.

indem er den Unterschied für geringer erklärte. Beide Forscher gingen von der Ansicht aus, daß die Größe der Zellen im Stamme sowohl als auch in der Wurzel sich stets gleich bleibe. Sanio*) war der erste, welcher auf den Unterschied der Zellengröße der verschiedenen Jahrringe aufmerksam machte und hierüber nähere Untersuchungen bei der Kiefer anstellte. Seine Untersuchungen bezogen sich sowohl auf die Größe der Holzzellen im Querschnitte als auch der Länge nach.

Bekanntlich besteht das Kiefernholz nur aus Tracheiden und Parenchymzellen und es ist einleuchtend, daß sämmtliche Resultate, welche oben bezüglich des spezifischen Trockengewichtes, des Schwindeprozentes 2c. gefunden wurden, außer von der Verkernung und Verharzung hauptsächlich vom anatomischen Bau dieser Organe abhängig sind. Es wurden deßhalb bei sämmtlichen Klassenstämmen in den verschiedenen Höhen genaue Untersuchungen angestellt sowohl über Länge und Dickwandigkeit der Tracheiden als auch über deren Zahl pro qmm.

Meine Resultate stützen sich auf 4250 mikroskopische Untersuchungen; die gegebenen Zahlen sind Mittelzahlen.

a. Länge der Tracheiden. Bei jedem Jahrringe unterscheidet man 3 Zonen: 1) das Frühjahrsholz, 2) das Sommerholz und 3) das Herbstholz. Unter Frühjahrsholz versteht man das im Frühjahre gebildete weitlumige Holz (sog. Rundfasern); unter Herbstholz das englumige im Spätsommer gebildete Holz (sog. Breitfasern) und unter Sommerholz die zwischen beiden sich befindlichen dickwandigen Rundfasern.

Um die Länge der Organe zu messen, wurde das Holz durch Kochen mit der Schulze'schen Lösung (Salpetersäure und Chlorkalium) mazeriert. Zunächst wurde die Länge der Organe für Stamm I und V in 1.3 m. Höhe für Herbst- und Frühjahrsholz gemessen und nachdem sich herausstellte, daß für den vorherrschenden und bedrängten Stamm sich im Frühjahrsholze keine wesentlichen Unterschiede zeigten, wurde die Untersuchung des Frühjahrsholzes bei den übrigen Stämmen unterlassen.

In nachstehender Tabelle XI sind die Resultate der Untersuchungen vorgetragen; die Zahlen bedeuten 0.01 mm. Die Jahrringe wurden von außen nach innen untersucht. Die Zahl 20 in Rubrik 1 bedeutet also den 20. Ring von außen. Von innen gerechnet bedeutet dieß z. B. bei Stamm III den 75. Ring. Da es für die weiteren Untersuchungen unpraktisch gewesen wäre den äußersten Jahrring zu untersuchen, so wurde stets der 6. Ring genommen, auf welchen sich auch die anderen Untersuchungen in den verschiedenen Höhen beziehen.

Wie sich aus Tabelle XI ergibt, sind die Tracheiden bei sämmtlichen Stämmen beim innersten Jahrringe am kürzesten und steigen mit zunehmendem Alter; ihr Maximum erreichen sie mit dem 35.—45. Jahre, von

*) Sanio, „Pringsheim Jahrbuch" 8 pag. 401.

da an nehmen sie wieder ab. Kleine Schwankungen kommen bei Stamm II und V vor, ohne jedoch die Gesetzmäßigkeit zu verwischen. Dieselbe Gesetzmäßigkeit, wie sie bei dem Herbstholztracheiden vorkommt, zeigt sich auch bei den Frühjahrstracheiden, welch letztere stets kleiner sind als die Herbstholztracheiden. Es scheint jedoch, daß dieser Unterschied im höheren Alter geringer wird.

Sanio*) stellt bezüglich der Länge der Tracheiden den Satz auf, daß dieselbe von innen nach außen durch eine Anzahl von Jahren zunimmt und dann konstant bleibt. Sanio kam zu diesem meines Erachtens nach unrichtigen Schluß, indem er einerseits Frühjahrs- und Herbstholztracheiden nicht ausschied, andererseits die untersuchten Jahrringe zeitlich einander zu nahe liegen; denn es ist leicht einzusehen, daß Verschiedenheiten, bei denen es sich um 0.01 mm. handelt, nicht in den direkt auf einander folgenden Jahrringen so

Tabelle XI.

Länge der Tracheiden bei 1.3 m in 0.01 mm.

Jahrring von außen nach innen	Stamm I		St. II.	St. III.	St. IV.	Stamm V.	
	H.*	F.**	H.	H.	H.	H.	F.
6	275	262	324	152	290	247	252
20	281	271	329	165	319	313	299
40	284	278	337	226	325	329	302
50	278	270	316	253	337	316	299
60	**302**	**278**	**342**	**278**	**352**	**339**	**305**
70	278	261	261	**278**	319	313	284
80	229	206	257	226	261	290	281
90	133	119	245	115	145	276	268
93.95.92	84	84	.	107	87	.	.
100	.	.	178	.	.	257	145
104.102	.	.	122	.	.	113	73

*) H = Herbstholz. **) F = Frühjahrsholz.

scharf zum Ausdruck kommen, als bei Differenzen von 10 oder 20 Jahren. Da Sanios Untersuchungen bez. der Kiefer die einzigen derartigen sind, welche vorliegen, lasse ich sie zum Vergleiche folgen.

110jähriger Hochstamm.

21j. Scheibe aus dem Wipfel.

1. Jahrr.: Mittl. Länge 0.78 mm.
14. „ „ „ 1.74 „
18. „ „ „ 2.21 „
20. „ „ „ 2.91 „
21. „ „ „ 2.82 „

35j. Scheibe.

1. Jahrr.: Mittl. Länge 0.80 mm.
17. „ „ „ 2.74 „
18. „ „ „ 2.82 „
19. „ „ „ 2.82 „
20. „ „ „ 2.82 „
22. „ „ „ 2.82 „
35. „ „ „ 2.78 „

*) Sanio, „Ueber die Größe der Holzzellen ꝛc.“ Pringsheim Jahrb. 8 pag. 402.

110jähriger Hochstamm.

72jährige Scheibe.		105jährige Scheibe.	
1. Jahrr.: Mittl. Länge	0.95 mm.	1. Jahrr.: Mittl. Länge	.
19. „ „ „	3.13 „	20. „ „ „	1.87 mm.
39. „ „ „	4.00 „	29. „ „ „	2.48 „
40. „ „ „	4.04 „	30. „ „ „	2.60 „
43. „ „ „	4.09 „	31. „ „ „	2.65 „
45. „ „ „	4.21 „	46. „ „ „	2.65 „
46. „ „ „	4.21 „	60. „ „ „	2.65 „
72. „ „ „	4.21 „	80. „ „ „	2.69 „
		105. „ „ „	2.65 „

Mehr als zufällig kann es betrachtet werden, daß bei den von Sanio untersuchten Scheiben der letzte Jahrring meist eine Abnahme der Tracheidenlänge aufweist, nur bei der 72jährigen Scheibe sind die Organe des 45., 46. und 72. Jahrringes gleich lang, jedoch ist sehr wahrscheinlich, daß, nachdem vom 46.—72. Ringe die Untersuchungen ausgesetzt sind, sich wohl noch eine Zunahme der Tracheidenlänge innerhalb dieser Periode nachweisen ließe.

Aehnliche Untersuchungen liegen nur noch von R. Hartig für die Rotbuche*) und Eiche**) an je 1 Stamme und für die Fichte***) an 3 Stämmen vor. An einer 150jährigen Rotbuche fand derselbe bei Brusthöhe folgende Organlängen:

Lebensjahr.	Gefäße.	Tracheiden.	Libriformfasern.
30	0.512	0.723	1.058
60	0.616	0.940	1.188
90	0.616	0.943	1.123
120	**0.653**	**0.950**	**1.264**
140	0.633	0.882	1.177
150	0.488	.	1.134

Hartig sagt hiezu: „Bis zum 60jährigen Alter nimmt die Länge der Organe schnell zu, dann tritt Stillstand oder doch nur eine langsame Größenzunahme ein und vom 120. Jahre an, in welchem die Organe ihre Maximallänge erreicht haben, verringert sich dieselbe wieder, zumal in den letzten Jahren des Lichtstandszuwachses erheblich." — Bei der Eiche kommen bei fraglichem Klassenstamme in den einzelnen Perioden zu große Schwankungen vor, sodaß man eine Gesetzmäßigkeit nicht erkennen kann. — Bei den 3 untersuchten Fichten erreicht die schwächste schon im 50. Jahre mit 3.5 mm. die Maximallänge der Organe, die bis zum 100. Jahre auf 3.1 mm. sinkt. Der

*) R. Hartig-Weber, „Holz der Rotbuche". Berlin 1888 pag. 25.

**) R. Hartig-Weber, „Untersuchungen über Entstehung ꝛc. des Eichenholzes". Forstl. naturw. Zeitschr. 1894 pag. 182.

***) R. Hartig-Weber, „Verschiedenheiten in der Qualität des Fichtenholzes". Forstl. naturw. Zeitschr. 1892 pag. 232.

Mittelstamm erreicht die Maximallänge mit 4.1 mm. im 70. Jahre, die Länge vermindert sich bis zum 100. Jahre auf 3.9 mm. Der stärkste Stamm endlich zeigt im 30. Jahre 3.6 mm. Maximallänge, doch sinkt diese bis zum 100. Jahre nur auf 3.5 mm.

Die vorstehenden Untersuchungen an der Kiefer lassen ein noch weit auffälligeres Sinken der Organlängen im höheren Lebensalter erkennen, als dieß für Buche und Fichte nachgewiesen wurde.

Die Länge der Herbstholztracheiden des 6. Ringes von Stamm I, III und V wurden in den verschiedenen Höhen gemessen und es hat sich herausgestellt, daß mit zunehmender Höhe auch die Länge der Tracheiden zunimmt, in ca. der Mitte des Stammes ihr Maximum erreicht und gegen die Krone hin wieder fällt. Nachstehende Tabelle XII enthält die gefundenen Resultate, dieselben stimmen mit denen Sanio's und R. Hartig's vollkommen überein.

Tabelle XII.

Länge der Tracheiden in den verschiedenen Höhen in 0,01 mm.

Höhe m	I. H.	III. H.	V. H.
1.3	275	152	247
4.5	336	319	325
7.7	290	319	278
10.9	328	319	319
14.1	290	290	329
17.3	200	264	281
20.5	212	206	191

Vergleicht man die Resultate der einzelnen Probestämme unter sich, so läßt sich keine Gesetzmäßigkeit in der Länge der Tracheiden je nach dem Grade der Stammstärke erkennen. Berechnet man die mittlere Länge der Tracheiden für die ganze Scheibe in 1.3 m., so ergibt sich für Stamm:

I. II. III. IV. V.
2.38. 2.71. 1.97. 2.71. 2.78 mm.

und als Mittel aus den verschiedenen Höhen für Stamm:

I. III. V.
2.76. 2.67. 2.82 mm.

b. Dickwandigkeit der Tracheiden. Auf die Qualität des Holzes hat weniger die Länge der Tracheiden als deren Dickwandigkeit Einfluß. Ueber die Dickwandigkeit der Organe der Kiefer liegt nur von v. Mohl*) je eine Mittelzahl für Stammholz und Wurzelstock vor. Sanio**) hat gefunden, daß

*) v. Mohl, Bot. Zeitg. 1862 pag. 238.
**) Sanio, Pringsheim Jahrb. 8 pag. 419.

die Wanddicke der Holzzellen von Innen nach Außen zunimmt, bis sie, die durch die Beschaffenheit der Jahre bedingten Abänderungen ausgenommen, konstant wird. Namentlich bezieht sich das auf das Herbstholz.

Bei vorliegenden Untersuchungen wurde die Dickwandigkeit der Organe getrennt nach Herbst- und Frühjahrsholz für sämmtliche Klassenstämme in den verschiedenen Höhen gemessen. Die Resultate finden sich in nachstehender Tabelle XIII.

Tabelle XIII.

Stärke der Tracheidenwandungen in den verschiedenen Höhen in 0,0001 mm.

Höhe m	Stamm I.		Stamm II.		Stamm III.		Stamm IV.		Stamm V.	
	H.	F.	H.	F.	H.	F.	H.	F.	H.	F.
1.3	76	24	81	44	71	38	57	31	63	23
4.5	69	25	69	33	44	27	51	31	53	32
7.7	69	25	57	27	52	33	45	27	54	30
10.9	69	25	54	23	44	25	59	25	52	29
14.1	61	28	54	27	33	28	61	28	48	33
17.3	58	31	57	29	33	28	63	35	47	33
20.5	50	31	57	34	49	39	50	36	38	36
23.7	.		46	34	.	.	.	.	.	.

Die Zahlen beziehen sich wieder sämmtlich auf den 6. Ring und stellen 0.0001 mm. vor. Diese Untersuchungen haben sehr interessante Resultate bezüglich der Verschiedenheit der Organe in den einzelnen Höhen als auch der Klassenstämme unter sich ergeben. Bei Stamm I und V zeigen die Herbstholztracheiden mit zunehmender Höhe eine stetige Abnahme der Dickwandigkeit, während bei den übrigen Stämmen die Wandungsdicke nach oben streckenweise wieder zunimmt. Die Frühjahrstracheiden lassen ein ähnliches Gesetz erkennen und nur bei Stamm I nimmt die Dickwandigkeit von unten nach oben zu.

Vergleicht man die Stämme miteinander, so ergeben sich als Mittelzahlen aus den verschiedenen Höhen für:

Stamm.	H.	F.
I	65	27
II	59	31
III	47	31
IV	55	30
V	51	31

Eliminiert man zunächst den in mehrfacher Beziehung als nicht ganz normal erkannten Stamm III, so tritt deutlich das Gesetz hervor, daß mit zunehmender Ernährung die Dickwandigkeit der Herbstholztracheiden zunimmt, während die der Frühjahrstracheiden bei sämmtlichen Stämmen annähernd konstant ist. Stamm III hat die dünnwandigsten Organe, was obiges Gesetz insofern nur bestätigt, als der Zuwachs dieses Stammes in den letzten Jahrzehnten ein auffallend geringer war.

c. Zahl der Tracheiden pro □mm. Obige Resultate veranlaßten mich, die Zahl der Tracheiden pro qmm. Querschnittfläche für die einzelnen Stämme in 1.3 m. Höhe zu bestimmen, und zwar bei den letzten 10 Jahrringen. Es ergab sich für Stamm

I.	II.	III.	IV.	V.
567.	562.	535.	561.	585.

Eine gesetzmäßige Abnahme mit der Stammstärke, wie Hartig sie für die Fichte nachgewiesen hat, besteht also bei der Kiefer nicht. Dagegen zeigte sich, daß die Zahl der Organe in den verschiedenen Höhen sehr schwankt.

Für Stamm I wurde bei den letzten 10 Jahrringen gefunden:

in Höhe	1.3	m	567	pro	qmm.
„ „	4.5	„	537	„	„
„ „	7.7	„	529	„	„
„ „	10.9	„	541	„	„
„ „	14.1	„	508	„	„
„ „	17.3	„	645	„	„
„ „	20.5	„	612	„	„

Die Zahl der Tracheiden nimmt offenbar von unten nach oben zunächst ab. Unterhalb der Krone tritt eine Unregelmäßigkeit bei 10.9 m. ein. In der Krone ist die Tracheidenzahl eine auffallend große, was mit der oben besprochenen schnellen Abnahme der Tracheidenlänge im Zusammenhange steht.

d. Verhältnis vom Leitungs- zum Festigungsgewebe. Im Zusammenhange mit obigen Untersuchungen wurden auch für die letzten 10 Jahre solche über den Einfluß der Herbstholzbreite auf die Güte des Kiefernholzes angestellt.

R. Hartig ist der Ansicht, daß die Qualität einer Holzart hauptsächlich von dem Verhältnis des Festigungs- zum Leitungsgewebe abhängt. Bei seinen Untersuchungen über die Fichte*) hat genannter Forscher gefunden, daß die schwächeren Stämme eines gleichalterigen 100jährigen Bestandes schwereres Holz haben als die stärkeren Stämme. Diese Thatsache erklärt er erstens mit der von ihm nachgewiesenen geringeren Größe des Tracheidenquerschnittes, die er für eine individuelle Eigentümlichkeit hält, dann zweitens aus dem Umstande, daß die Fichte als schattenertragende Holzart bei stärker beschatteter Krone relativ weniger verdunstet, also weniger Leitungsgewebe nötig hat als die Bäume mit freistehender Krone. Hartig geht von der Ansicht aus, daß jeder Baum soviel Leitungsgewebe erzeugt, als er zum Bedarf seiner Krone nötig hat und an Sklerenchymgewebe umsomehr bildet, je mehr er noch Nährstoffe hiezu übrig hat.

Bei den Nadelhölzern sind Leitungsgewebe (Frühjahrsholz) und Festi-

*) R. Hartig, „Verschiedenheiten ꝛc." Forstl. naturw. Zeitschr. 1892 pag. 231.

gungsgewebe (Sommer- und Herbstholz) von einander getrennt, wogegen bei den Laubhölzern eine solch' scharfe Trennung nicht stattfindet.

Bei der Kiefer als ausgesprochene Lichtholzart kommt der Einfluß verminderter Transpiration der Krone wenig zur Geltung, da sämmtliche Probestämme des 110jährigen Bestandes fast gleich hoch und gleichmäßig dem Lichte und dem Luftzuge ausgesetzt sind; vielmehr hängt bei ihr die Holzgüte wesentlich von der besseren oder schlechteren Ernährung, der Bodengüte und der Kronengröße ab.

Bei vorliegenden Untersuchungen ist nun das Verhältnis zwischen Festigungs- und Leitungsgewebe der letzten 10 Jahre für die Kiefer mikroskopisch festgestellt und gleichzeitig auch die durchschnittliche Jahrringsbreite ermittelt. Tabelle XIV gibt über die einzelnen Resultate in den verschiedenen Höhen Aufschluß.

Ein Vergleich des Leitungsgewebes sämmtlicher Stämme ergibt, daß dasselbe bei Stamm I—IV von unten nach oben zunimmt und in der Krone wieder fällt; nur bei Stamm V nimmt dasselbe in der Krone noch zu. Diese Erscheinung erklärt sich aus dem Umstande, daß der Flächen- resp. der Massenzuwachs von unten nach oben abnimmt, die Leitungsfähigkeit des Holzes deßhalb nach oben zunehmen muß. Innerhalb der Krone vermindert sich nach oben zu das Leitungsgewebe schneller als das Festigungsgewebe, weil die Substanzproduktion in den best beleuchteten Gipfelteilen lebhafter stattfindet als in dem unteren Kronenteile. Aus der Berechnung des Leitungsgewebes für die ganze 10jährige Periode ergibt sich, daß in derselben die Stämme I, II und V das meiste Leitungsgewebe haben. Aus diesen Untersuchungen geht abgesehen von Stamm V deutlich das Gesetz hervor, daß auch bei der Kiefer mit verminderter Kronenentwickelung das prozentische Verhältnis des Leitungsgewebes zum Festigungsgewebe abnimmt, jedoch tritt hiedurch, wie wir aus den beigefügten Angaben des Trockengewichtes ersehen, keine oder doch nur eine geringe Erhöhung der Qualität des Kiefernholzes ein. Bei dieser Holzart als Lichtholzbaum wirkt die bessere Ernährung der dominierenden Stammklassen, indem sie die Dickwandigkeit der Organe erhöht, so günstig auf das Gewicht des Holzes ein, daß dadurch der Einfluß eines etwas größeren Prozentsatzes an Leitungsgewebe überwogen wird.

Die Breite des ganzen Jahrringes ist ebenfalls kein Maßstab für die Güte des Kiefernholzes. So ist z. B. bei Stamm I der Jahrring in 1.3 m. doppelt so breit als bei Stamm II und dennoch ist das spezifische Trockengewicht dasselbe. Der Jahrring bei Stamm III in 1.3 m ist $^1/_3$ desjenigen von Stamm IV und $^1/_2$ von Stamm V und doch ist sein spezifisches Gewicht größer. Diese Untersuchungen sind somit ein weiterer Beweis für die Unrichtigkeit des Satzes „dem engeren Jahrringe entspräche beim Nadelholz das schwerere Holz.

Tabelle XIV.

Baumhöhe	Stamm I.				Stamm II.				Stamm III.				Stamm IV.				Stamm V.			
m	Breite des Jahrringes mm	% Leitungsgewebe	% Festigungsgeweb.	Spez. Trockengewicht	Breite des Jahrringes mm	% Leitungsgewebe	% Festigungsgeweb.	Spez. Trockengewicht	Breite des Jahrringes mm	% Leitungsgewebe	% Festigungsgeweb.	Spez. Trockengewicht	Breite des Jahrringes mm	% Leitungsgewebe	% Festigungsgeweb.	Specif. Trockengewicht	Breite des Jahrringes mm	% Leitungsgewebe	% Festigungsgeweb.	Spez. Trockengewicht
1.3	1.35	76	24	53.5	0.65	78	22	53.0	0.15	75	25	49.8	0.40	73	27	48.2	0.30	78	22	47.8
4.5	0.65	76	24	47.7	0.60	80	20	46.2	0.20	79	21	44.0	0.40	82	18	43.5	0.20	77	23	42.9
7.7	0.85	84	16	45.1	0.70	83	17	41.7	0.15	80	20	39.9	0.40	85	15	41.4	0.20	81	19	41.4
10.9	0.65	82	18	42.8	0.55	81	19	42.8	0.15	80	20	40.2	0.40	87	13	42.5	0.30	80	20	40.1
14.1	0.95	87	13	43.2	0.50	88	12	41.9	0.20	80	20	37.7	0.45	88	12	42.6	0.30	83	17	43.0
17.3	1.10	90	10	41.7	0.80	84	16	47.9	0.25	87	13	41.8	0.70	88	12	39.7	0.35	86	14	40.8
20.5	1.25	76	24	47.6	1.00	84	16	45.7	1.05	77	23	45.0	1.40	70	30	51.2	0.75	87	13	44.3
27.3	.	.	.	.	0.85	80	20	45.7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Im Mittel	.	81.4	18.6	47.3	.	82.2	17.8	46.2	.	78.9	21.1	43.2	.	79.5	20.5	44.1	.	83.0	17.0	41.9

Schwappach*) scheint bei seinen Untersuchungen zu der Ansicht gekommen zu sein, daß die Breite der Herbstholzzone ein Maßstab für die Güte des Kiefernholzes sei. Seine Untersuchungen beweisen jedoch dasselbe wie vorliegende, nämlich daß die größere Breite der Herbstholzzone bei verschiedenen Stammindividuen kein Maßstab für deren bessere Qualität sei. Die von Schwappach untersuchten Stämme No. 13 und 14 sind gleichalterig und stammen aus ein und demselben Bestande. Trotzdem Stamm 13 einen größeren prozentualen Anteil am Herbstholz für die Zuwachsperiode 61—71 aufweist, ist doch dessen spezifisches Trockengewicht für diese Periode geringer als bei Stamm 14.

III. Wurzeluntersuchungen.

Die über die Kiefer vorhandenen Wurzeluntersuchungen beziehen sich meist nur auf das Stockholz. Ich habe deßhalb für eine Seitenwurzel von Stamm II, deren Länge 14 m. betrug, sowohl anatomische Untersuchungen angestellt, als auch deren spezifisches Trockengewicht, Substanzmenge und Schwindeprozent berechnet. Zu diesem Zwecke wurde aus dem Wurzelstocke ein Stück vom Wurzelanlauf herausgenommen, ferner ein solches in 1 m. Entfernung und dann alle 3 m. In 13 m Entfernung fanden sich Wundstellen, wodurch die Wurzel auf ca. 1.5 m. ganz verharzt war. Es wurde zwar das spezifische Trockengewicht und die Substanzmenge für diese Stelle ebenfalls ermittelt, jedoch diese Zahlen [sie betrugen 70.1 resp. 54.6] nicht in die Tabelle eingetragen, da dieselben durch abnorme Verhältnisse bedingt sind.

Tabelle XV.

In m vom Wurzelstocke	Specifisches Trockengewicht	Substanz	Schwinde-Procent
Wurzelanlauf 1-20 Ringe von außen	58.8	50.4	14.3
21-x "	55.9	49.0	12.3
1	46.7	38.9	15.8
4	31.5	28.3	9.9
7	30.8	26.8	13.0
10	30.3	26.3	13.0

Wie aus vorstehender Tabelle XV ersehen werden kann, nimmt das spezifische Trockengewicht, sowie die Substanzmenge mit der Entfernung vom Wurzelstocke rasch ab und bleibt dann von 4 m. Entfernung an ziemlich kon-

*) Schwappach, „Ueber die Qualität ꝛc." Zeitschr. für Forst- u. Jagdwesen 1892 pag. 82 u. 83.

stant. Die Schwindeprozente weisen große Schwankungen auf, sodaß auch hier von einer Gesetzmäßigkeit nicht die Rede sein kann.

Sehr interessante Resultate haben sich aus den mikroskopischen Untersuchungen ergeben. In nachstehender Tabelle XVI sind deren Ergebnisse zu-

Tabelle XVI.

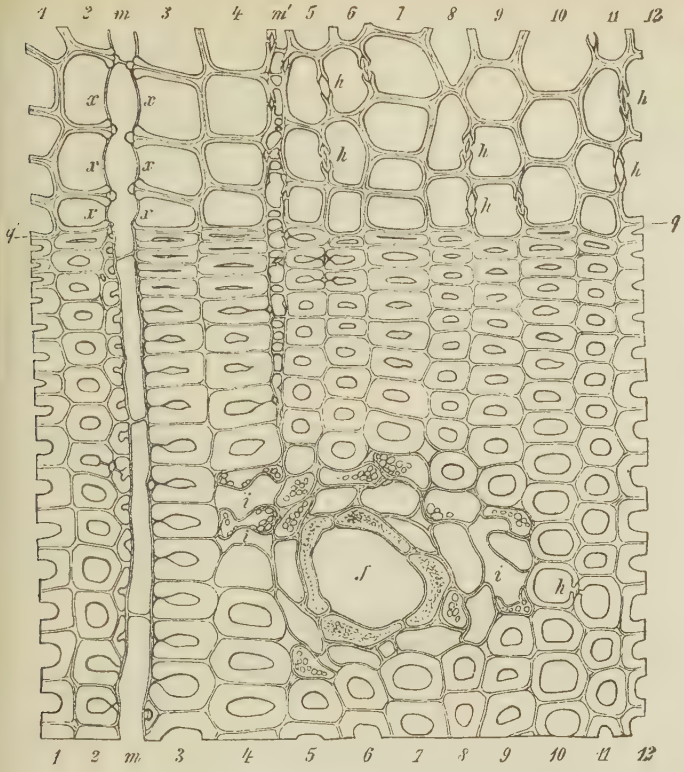
In m Entfernung v. Wurzelstock	Länge der Tracheiden in 0.01 mm		Dickwandigkeit in 0.0001 mm		Zahl pro qmm
	H.	F.	H.	F.	
Wurzelanlauf	258	297	77	44	112
1	380	409	69	38	102
4	.	624	.	38	38
7	.	769	.	35	38
10	.	800	.	31	36
13	.	766	.	28	44

sammengestellt. Bezüglich der Längen der Tracheiden ergibt sich, daß dieselben mit zunehmender Entfernung vom Stamme an Länge zunehmen, bei 10 m. ihr Maximum erreichen und dann wieder abnehmen. Ebenso nimmt die Dickwandigkeit der Organe und deren Zahl pro qmm. mit zunehmender Entfernung ab.

Bei den Untersuchungen hat sich herausgestellt, daß bereits auf 4 m Entfernung vom Stamme kein Unterschied mehr in der Dickwandigkeit der Herbst- und Frühjahrs-Tracheiden besteht, die Herbstholzzelle jedoch stets englumiger ist. Nebenstehend habe ich einen Querschnitt durch die Wurzel mittelst Prisma gezeichnet (Fig. 2) und zum Vergleich auch einen Querschnitt aus dem Stammholz beigegeben (Fig. 1). Während beim Stammholz eine scharfe Grenze zwischen Frühjahrsholz und Herbstholz, entstanden durch dickwandige Herbsttracheiden besteht, fehlt diese Grenze im Wurzelholze. Die Bildung von englumigem Holz dürfte als eine ererbte Eigentümlichkeit zu betrachten sein. Da auf 1 m. Entfernung vom Wurzelstocke der Wurzel die Aufgabe noch zukam, dem Baume einen Halt zu verschaffen, so bildete sich hier noch Festigungsgewebe aus, wogegen in größerer Entfernung vom Stamme die Wurzel im Wesentlichen nur noch der Leitung und Reservestoffspeicherung dient.

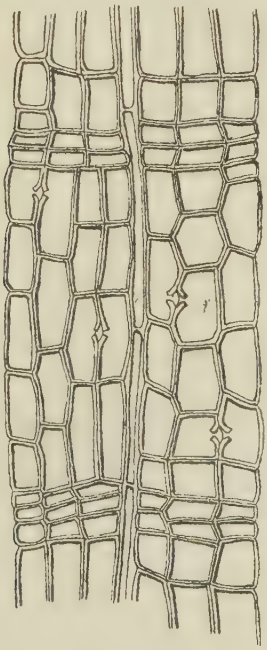
Sanio*) hat nur wenige Untersuchungen gemacht, welche sich auf die Länge der Tracheiden in den verschiedenen Jahrringen beziehen und hiebei dieselben Gesetze gefunden wie beim Stammholze. v. Mohl**) gibt für die Dicke der Zellwände für Stamm und Wurzel fast gleiche Größen an nämlich:

*) Sanio, Pringsheim Jahrb. 8 pag. 149.
**) v. Mohl, Pringsheim Jahrb. 9 pag. 238.



Vergrößerung $\frac{300}{1.}$

Fig. 1. Querschnitt durch die Stammscheibe einer Kiefer nach Wilhelm und Hempel.



Vergrößerung $\frac{100}{1.}$

Figur 2.
Querschnitt durch die Wurzel einer Kiefer in 4 m Entfernung vom Stockabschnitt.

Vergrößerung $\frac{3}{1.}$

Fig. 3.
a) Tracheide in 10 m Entfernung vom Wurzelstock.
b) Tracheide in Brusthöhe aus dem 98. Jahrr.
c) " " " " " 44. "

	Frühlingsholz.	Herbstholz.
Wurzel	0‴.001868 = 0.0039 mm.	0‴.0035 = 0.0076 mm.
Stamm	0‴.00194 = 0.0041 „	0‴.0031 = 0.0068 „

Aus den Angaben v. Mohl's für Wurzelholz läßt sich schließen, daß genannter Forscher nur das Stockholz excl. Wurzelholz untersucht hat. Für dieses Holz stimmen seine Angaben vollkommen mit denjenigen vorliegender Arbeit überein. Weiter fand v. Mohl, daß die Quadratfläche des Lumens der Zellen in der Wurzel ca. das 3fache der Zellen des Stammes betragen. Für die Länge der Tracheiden gibt er an, daß dieselben doppelt so groß wären, wie die des Stammes.

Fassen wir die oben im Einzelnen erörterten Resultate vorliegenden Untersuchungen kurz zusammen, so unterscheidet sich das Wurzelholz vom Stammholze durch Folgendes:

1) Durch das geringere spezifische Trockengewicht und eine geringere Substanzmenge;

2) durch das Aufhören der Dickwandigkeit im Herbstholze;

3) durch die größere bis doppelte Länge der Tracheiden;

4) durch das Vorhandensein von 2 Reihen Hoftüpfel auf den Radialwänden der Tracheiden;

5) durch die geringere Anzahl der Tracheiden pro qmm. und

6) durch die größere Weichheit des Holzes.

Um dem Leser die Längenunterschiede der Tracheiden für Wurzel und Stamm deutlich vor Augen zu führen, habe ich in Figur 3 auf Seite 33 Tracheiden von Wurzel und Stamm gezeichnet.

Erklärung der Tafel IV.

Die auf der linken Seite der Klassenstämme stehenden Zahlen stellen den jährlichen Kreisflächenzuwachs in qcm in den verschiedenen Sektionen und 10jährigen Perioden vor.

Die auf der rechten Seite eingeschriebenen Zahlen geben die Substanzmenge S, sowie das Wasser W in Prozenten des Frischvolumens in den einzelnen Sektionen und in 20jährigen Perioden an.

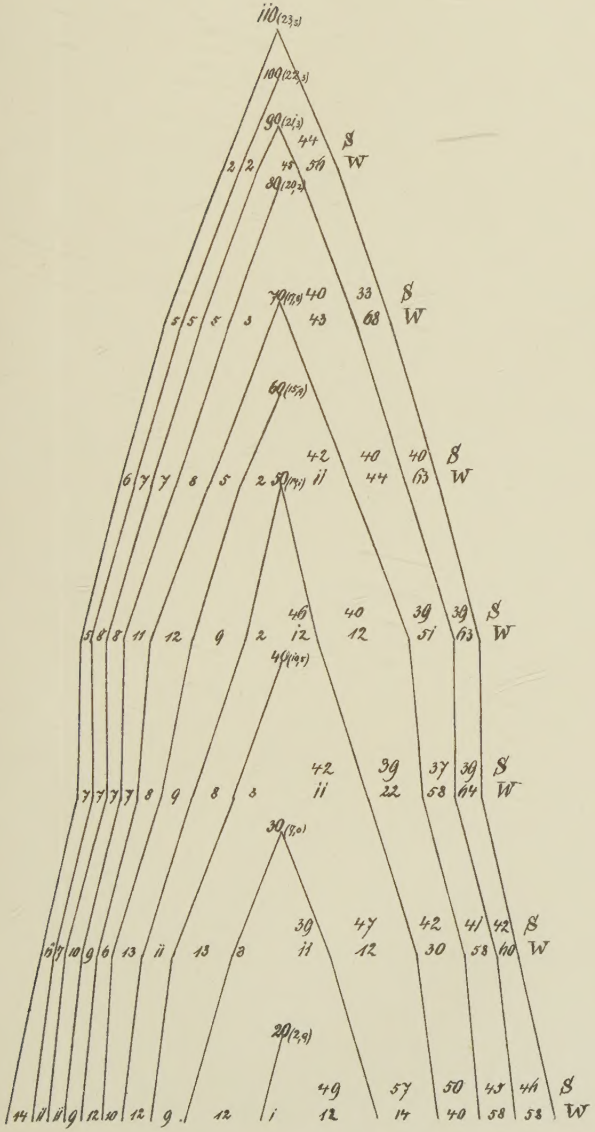
Schematische D

der

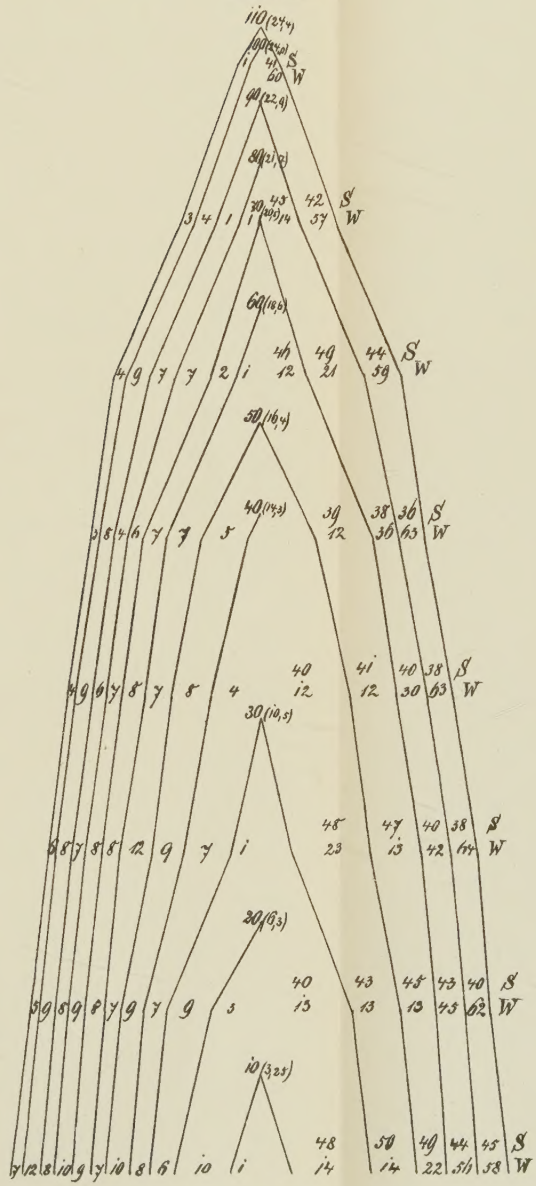
5 Klassenst

St

Stamm I.
23,3 m.



Stamm II.
24,4 m.



Höhe 1:150.

Durchmesser 1:

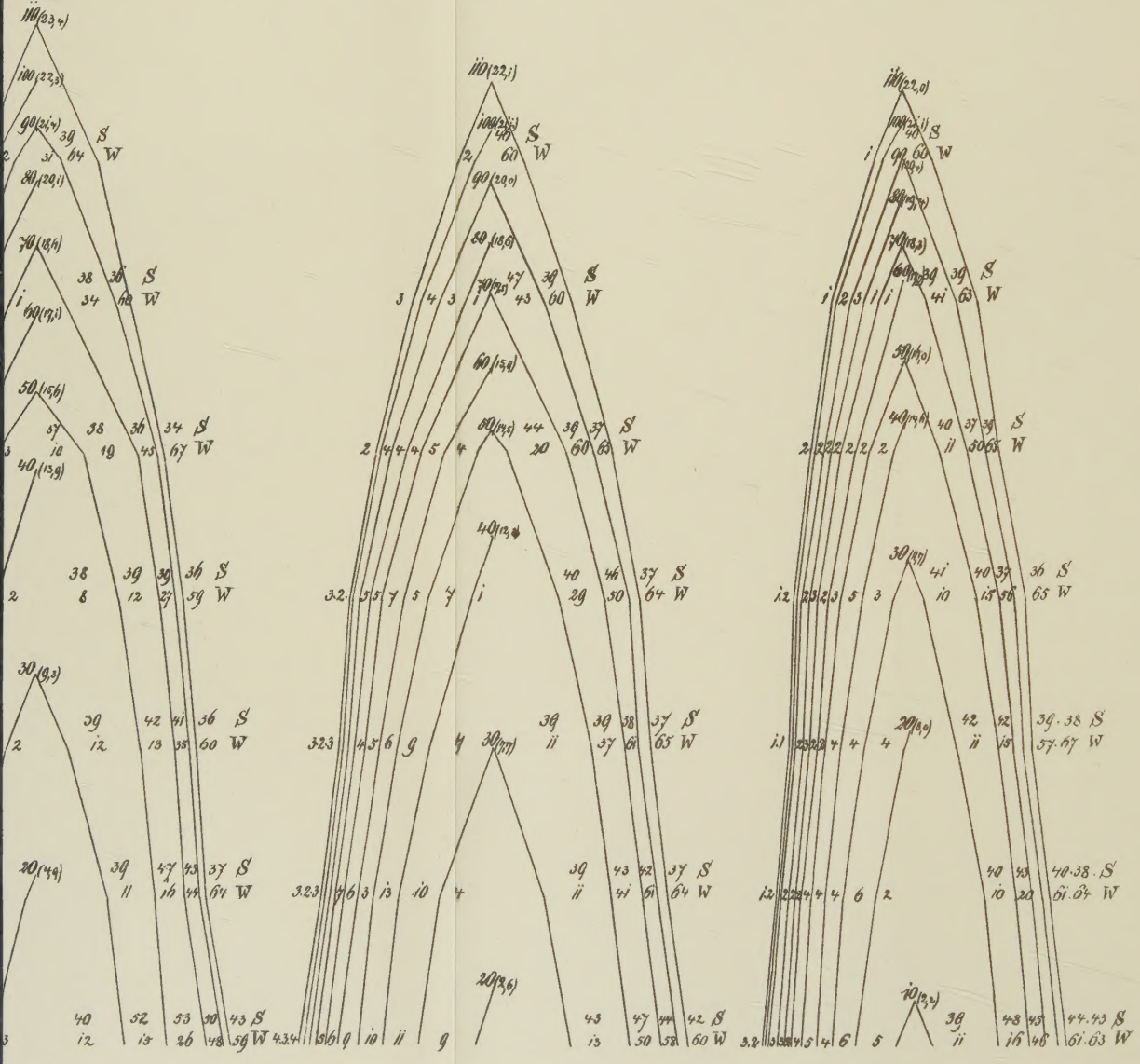
arstellung

ämme.

amm III.
23,4 m.

Stamm IV.
22,1 m.

Stamm V.
22,0 m.



A. B. Himmer'sche Buchdruckerei, Augsburg